Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XLI. Jahrgang. 1928. Fünftes Heft.

Über einige Demonstrationsversuche mit einem 2,4 m-Röhrensender.

Von Dr. Ludwig Bergmann in Breslau.

Durch die Anwendung der modernen Elektronenröhren sind wir heute in der Lage, in verhältnismäßig einfacher Weise kräftige elektrische Schwingungen hoher Frequenz und somit kurze elektrische Wellen zu erzeugen. Dadurch ist es auch für den Unterricht jetzt möglich geworden, sehr viele Versuche, die früher mit gedämpften Funkensendern mit recht kleiner Leistung ausgeführt wurden, mit ungedämpften elektrischen Schwingungen in einer weit präziseren und schöneren Art auszuführen. Vorteilhaft ist hierbei vor allem die große Konstanz der Röhrenschwingungen und die im Vergleich zu den gedämpften Schwingungen hohe Energie, die bei vielen Versuchen über die Ausbreitung der elektrischen Wellen statt des bisher fast immer benutzten Spiegelgalvanometers den Gebrauch eines gewöhnlichen Milliamperemeters mit Zeigerablesung erlaubt. Von Hollmann[1] wurde bereits an dieser Stelle der Aufbau eines Kurzwellensenders für Versuchzwecke im Unterricht beschrieben und eine Reihe von Versuchen erläutert, die sich damit im Unterricht besonders elegant ausführen lassen. Dieser Sender, der mit zwei Lautsprecher-Röhren in der bekannten Gegentaktschaltung arbeitet, erzeugt als kürzeste Welle etwa 5 m, eine Wellenlänge, die zwar für eine Reihe von Versuchen sehr vieles leistet, für viele andere Zwecke aber, insbesondere für die Versuche am Lecher-System und für die Versuche über die Ausbreitung der Wellen (Reflexion, Interferenz usw.), bei Verwendung im Hörsaal aus Raumgründen zu groß ist.

Es soll daher im folgenden zunächst der Aufbau eines Kurzwellensenders beschrieben werden, der mit einer normalen, im Handel erhältlichen kleinen Senderöhre arbeitet und eine Wellenlänge von 2,40 m liefert. Im Anschluß daran erfolgt die Beschreibung einer Anzahl von Versuchen, die sich mit dieser Welle im Unterricht in besonders schöner und anschaulicher Weise ausführen lassen. Bei 2,4 m Wellenlänge werden die für die Strahlungsversuche notwendigen Antennen nur 1,20 m lang und erreichen schon wesentlich handlichere Dimensionen als bei der oben erwähnten 5 m-Welle. Auch bei den Versuchen am Lecher-System ergibt sich eine größere Raumersparnis. Der Sender hat ferner den Vorteil, daß sich seine Wirkungsweise ohne Schwierigkeit aus dem bekannten Schaltbild des normalen Röhrensenders in Dreipunkt-Schaltung herleiten läßt, während die Erklärung der oben erwähnten Gegentaktschaltung schon ein etwas tieferes Eindringen in die Theorie der Senderschaltung erfordert, wozu jedoch im allgemeinen Physikunterricht meistens die Zeit fehlen dürfte.

1. Entwicklung und Bau des 2,4 m-Senders. Wie schon gesagt, wurde bei der Konstruktion des Senders von der normalen Dreipunkt-Sendeschaltung ausgegangen, die im Prinzip in Fig. 1 wiedergegeben ist. Der aus Selbstinduktion L und Kapazität C bestehende Schwingungskreis liegt mit seinem einen Ende am Röhrengitter, während das andere Ende über einen großen Blockkondensator C_1 nach der Anode der

[1] Diese Zeitschr **39**, 1926; 265.

Röhre geführt ist. Die Spulenmitte ist nach der Kathode abgeleitet. Aus diesem Schaltbild ist sofort zu erkennen, daß die für jeden Röhrensender wichtige Beziehung, daß die Wechselspannungen an Gitter und Anode in ihrer Phase um 180° gegeneinander verschoben sein müssen, dadurch erfüllt ist, daß Gitter und Anode direkt am Kondensator des Schwingungskreises liegen, dessen Spannungen ja in jedem Augenblick in der Phase um 180° gegeneinander verschoben sind. Der Kondensator C_1 ist in die Anodenleitung lediglich deshalb eingeschaltet, um die hochfrequenten Wechselströme nicht über die Anodenbatterie zu leiten, zu welchem Zweck auch die beiden Drosseln D in die Batteriezuleitungen eingeschaltet sind. Auf die eigentliche Wirkungsweise der Röhre bei der Schwingungserzeugung soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden, da man darüber alles Wesentliche in jedem Lehrbuch über Elektronenröhren findet[1].

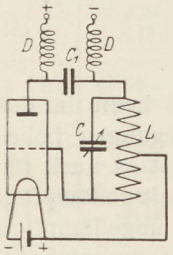


Fig. 1.

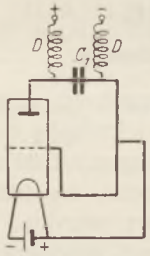


Fig. 2.

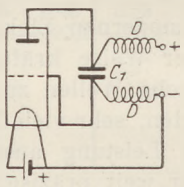


Fig. 3.

Die Wellenlänge, die die Röhre in der angegebenen Schaltung liefert, ist bestimmt durch die Eigenfrequenz des aus L und C bestehenden Schwingungskreises. Um zu kurzen Wellen herunterzukommen, ist es nötig, sowohl C als auch L so weit wie möglich zu verkleinern. Den Grenzfall bildet die in Fig. 2 wiedergegebene Schaltung. Der Kondensator C ist entfernt, und als wirksame Kapazität wirkt nur die von Gitter und Anode gebildete Eigenkapazität. Ebenso ist L entfernt und durch einen kurzen Drahtbügel ersetzt, dessen Selbstinduktion mit der Eigenkapazität der Röhre die Wellenlänge ergibt, die die Anordnung nun liefert. Wenn man versucht, diese Wellenlänge durch entsprechende Verkleinerung des zwischen Anode und Gitter liegenden Drahtbügels möglichst weit zu verkleinern, so kommt man bald zu einer Grenze, bei der die Anordnung nicht mehr schwingt. Diese untere Wellenlänge ist in der Hauptsache gegeben durch die bei jeder Röhre vorhandene innere Kapazität zwischen Anode und Gitter und den zugehörigen Zuleitungen. Durch Benutzung von Röhren, bei denen die Zuleitungen zur Anode und zum Gitter nicht mit den Heizleitungen zusammen durch den Röhrensockel herausgeführt, sondern möglichst weit getrennt voneinander auf der entgegengesetzten Röhrenhälfte nach außen durchgeführt sind, bei denen also eine möglichst geringe Kapazität zwischen Anode, Gitter und Kathode besteht, läßt sich zwar die Wellenlänge noch weiter verkleinern, doch sind derartige Röhren besonders für größere Energie zur Zeit im Handel noch schwer erhältlich.

Bei dem hier beschriebenen Sender wird als Röhre die 5 Watt-Telefunkensenderöhre RS 55 benutzt. Bei dieser Röhre ist die Anode getrennt herausgeführt, während das Gitter gemeinsam mit den Heizzuleitungen auf der entgegengesetzten Seite herausgeführt ist. Die Röhre besitzt als Kathode einen Wolfram-Faden, der bei einer Spannung von 10 Volt mit 3 Amp. geheizt wird. Die Anodenspannung beträgt normal 400 bis 700 Volt. Bei den Versuchen mit dieser Röhre zeigte es sich zunächst, daß es unzweckmäßig ist, die Zuleitung der Anodenspannung, wie in Fig. 2 gezeigt wird, in der Nähe der Anodenausführung vorzunehmen. Durch die Schaltelemente (Block-Kondensator C_1 und Drosselspulen D), die sich im Schwingungskreis in der Nähe des Spannungsbauches befinden, wird eine Erhöhung der wirksamen Kapazität erreicht. Es ergab sich, daß die Wellenlänge ein ganzes Stück kleiner wird, wenn der Block-Kondensator mit den beiden Drosseln in die Mitte des Schwingungskreises, also an die Stelle eines Spannungsknotens, gelegt wird (Fig. 3). Der den Schwingungskreis bildende Drahtbügel kann jetzt auf die durch die äußeren Dimensionen der

[1] S. z. B. H. Barkhausen, Elektronenröhren. Bd. 2, Verlag Hirzel, Leipzig. — H. G. Möller, Elektronenröhren. Verlag Vieweg, Braunschweig.

Röhre gegebene kleinste Form verkleinert werden, wodurch die Wellenlänge bis auf 2,40 m heruntergedrückt wird.

Die genauen Maße für die Anordnung gehen aus den Fig. 4a und 4b hervor, die schematisch den Aufbau des Senders zeigen, der selbst in Fig. 5 wiedergegeben ist. Der Drahtbügel besteht aus 4 mm starkem Messingdraht, der Block-Kondensator hat eine Kapazität von etwa 200 cm und wird gebildet aus zwei Messingplatten der Größe 80×25 mm, die auf eine dünne Glimmerscheibe mit Picein aufgekittet sind. Die beiden Drosselspulen D bestehen aus zwei kleinen, frei gewickelten Spulen aus 0,6 mm Seidendraht, der Durchmesser der Spulen ist 10 mm, die Länge 80 mm und die Anzahl der Windungen etwa 60. Die Enden der Spulen sind direkt zu dem Klemmenpaar k geführt, an denen die Anodenspannung angeschlossen wird. Die beiden Heizzuleitungen zu der Glühkathode der Röhre bestehen ebenfalls aus zwei Drosselspulen, die auf dem Grundbrett von der Röhre weg nach der entgegengesetzten Seite des Schwingungskreises führen, wie dies aus Fig. 4 zu erkennen ist. Der Zweck dieser Drosselspulen ist, ein Mitschwingen der Zuleitungsdrähte zur Kathode zu verhüten.

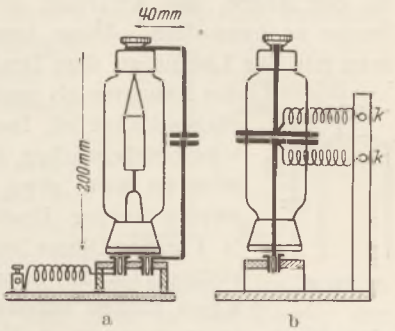


Fig. 4.

Es zeigt sich, daß bei dieser kurzen Eigenwelle von 2,40 m der Sender etwas schwer anschwingt, wenn man mit der Anodenspannung unterhalb 700 Volt bleibt. Erhöht man letztere dagegen auf etwa 800 bis 900 Volt, so setzen die Schwingungen sofort ein. Allerdings glüht dann die Anode bereits derart stark, daß die Lebensdauer der Röhre sehr gefährdet wird. Diesen Nachteil kann man dadurch leicht umgehen, daß man als Anodenspannung eine Wechselspannung von 800 bis 1000 Volt benutzt. Da die Röhre den Strom nur in einer Richtung bei positiver Anodenspannung durchläßt, ist die von der Anode aufzunehmende Leistung weit geringer als bei gleich hoher Anoden-Gleichspannung. Das Einsetzen der Schwingungen erkennt man entweder an dem plötzlichen Ansteigen des Anodenstromes an einem in die Anodenzuleitung eingeschalteten Milliamperemeter oder an dem Aufleuchten einer der Anodenausführung genäherten Glimmlampe. Die Verwendung von Wechselspannung hat noch die große Annehmlichkeit, daß sich die Spannung von 900 bis 1000 Volt durch Benutzung eines passenden Transformators, der an das Wechselstrom-Lichtnetz angeschlossen wird, leicht herstellen läßt. Sehr vorteilhaft ist die Benutzung von 500 Perioden-Wechselstrom, wie er mittels kleiner Mittelfrequenzmaschinen, die heute an den meisten Instituten (allerdings kaum in Schulen) zur Verfügung stehen, sich erzeugen läßt. Dadurch wird die Leistung des Senders wesentlich gesteigert. Die Heizung der Röhre erfolgt entweder aus einer Akkumulatorenbatterie oder zweckmäßig mittels eines passenden Niederspannungstransformators aus dem Wechselstromnetz.

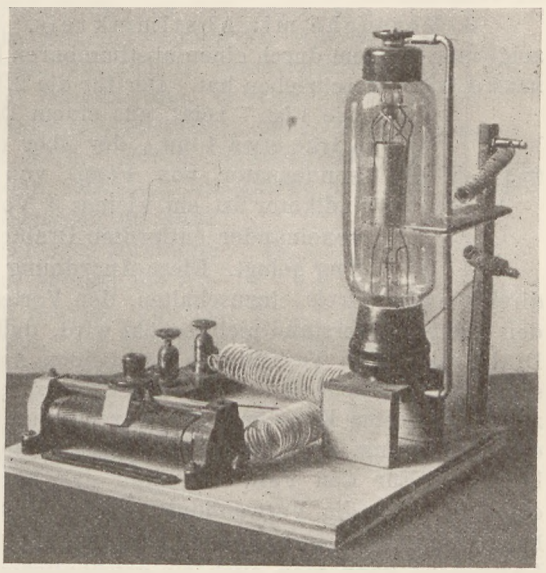


Fig. 5.

2. Versuche am Sender selbst. Im Unterricht wird man zuerst zweckmäßig zeigen, daß beim Schwingen des Senders in dem Drahtbügel zwischen Anode und Gitter hochfrequente Ströme fließen. Dieser Nachweis kann in verschiedener Weise erfolgen. Am einfachsten ist es, am Schwingungskreis des Senders an den Anschlußstellen der wirksamen Kapazität, also an der Anoden- und an der Gittereinführung an der Röhre, das Auftreten hoher Spannungen mittels einer gewöhnlichen Glimmlampe nachzuweisen. Diese leuchtet bereits in einiger Entfernung hell auf. Fährt man mit der Lampe an dem Drahtkreis entlang, so nimmt nach der Mitte des Kreises das Leuchten ab und erlischt an den Stellen, wo der Block-Kondensator C_1 eingeschaltet ist, fast ganz. Daß in dem Drahtkreis Hochfrequenzströme von beträchtlicher Stärke fließen, läßt sich dadurch leicht zeigen, daß man an zwei etwa 15 mm entfernten Punkten des Drahtbügels mittels zweier kurzer Drahtenden ein kleines 4 Volt-Glühlämpchen anschließt (s. Fig. 6). Dieses leuchtet sofort hell auf. Für die hochfrequenten Wechselströme ($1{,}2 \cdot 10^8$ Schwingungen/sec) ist die Impedanz des 15 mm langen, 4 mm dicken massiven Drahtes bereits so groß, daß an den Endpunkten eine Wechselspannung von 4 Volt auftritt und das Lämpchen zum Leuchten bringt. Verschiebt man die Anschlußpunkte des Lämpchens von der Mitte des Bügels nach der Anode- bzw. der Gitteranschlußstelle, so nimmt die Helligkeit merklich ab, ein Zeichen dafür, daß die Stromstärke im Schwingungskreis nach den Anschlußstellen der Kapazität jedenfalls abnimmt. Es ist vorteilhaft, für die ganzen weiteren Versuche ein Glühlämpchen am Sender in der angegebenen Weise anzubringen, um jederzeit zu sehen, ob der Sender noch schwingt, bzw. sich einen Überblick über die Energieentnahme aus dem Schwingungskreis bei der Ankopplung von Antennen oder Abstimmkreisen zu verschaffen.

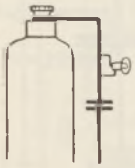


Fig. 6.

3. Versuche mit Abstimmkreis. Die sehr scharfe Abstimmung des Senders zeigt man bequem durch einen abstimmbaren Resonanzkreis, wie ihn auch bereits Hollmann a. a. O. beschrieben hat. Der für die 2,4 m-Welle benutzte Abstimmkreis besteht, wie Fig. 7 zeigt, aus einem Drahtring von 15 cm Durchmesser (Drahtstärke etwa 4 mm), der über einen kleinen Drehkondensator (Feinstellkondensator von Förg) von 25 cm Kapazität geschlossen ist. Als Indikator ist ein kleines 2 Volt-Lämpchen mittels zweier etwa 20 mm voneinander entfernten Drahtenden in den Nebenschluß zu dem Drahtring gelegt. Diese Anordnung hat gegenüber derjenigen, das Lämpchen direkt in den Kreis einzuschalten, den Vorteil, daß die Dämpfung des Kreises durch den Lampenwiderstand nicht erhöht wird, daß man ferner die Lage des Lämpchens im Drahtkreis durch Verschieben der beiden Anschlußpunkte beliebig ändern und damit seine Empfindlichkeit als Indikator entsprechend verkleinern kann, wodurch sich z. B. bei fester Kopplung ein Durchbrennen verhüten läßt. Außerdem ermöglicht die Anordnung, das Lämpchen auszuschalten, ohne dadurch den Kreis zu unterbrechen. Für den Fall, daß man das Lämpchen direkt in den Kreis einschaltet, empfiehlt sich die Verwendung eines 4 Volt-Lämpchens, dessen Widerstand für die hochfrequenten Schwingungen geringer als der des 2 Volt-Lämpchens ist. Statt des Lämpchens kann man auch ein gewöhnliches technisches Hitzdraht-Instrument, wie es früher in dosenförmiger Ausführung von Kriegsfunkgeräten her für wenige Reichsmark zu erhalten war, einschalten und nach dem Ausschlag des Zeigers die Abstimmung des Kreises auf Resonanz beobachten. Diese Abstimmung eines derartigen Kreises ist äußerst scharf, besonders bei loser Ankopplung (Entfernung etwa 40 cm vom Sender). Geringfügige Bewegungen mit der Hand verändern sofort die Abstimmung, und es ist zweckmäßig, den ganzen Abstimmkreis an einem längeren Holzgriff zu befestigen, und auch den Drehkondensator durch einen längeren Isoliergriff zu betätigen. An den Kondensatorplatten treten bei Resonanz wieder hohe Spannungswerte auf, die sich mit der Glimmlampe leicht nachweisen lassen.

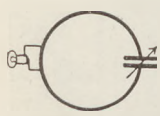


Fig. 7.

Mit dem auf Resonanz eingestellten Kreis ist es in einfacher Weise möglich, das magnetische Strahlungsfeld in der Umgebung des Senders bis zu Entfernungen von etwa 50 cm nachzuweisen und die ungefähre Richtung der magnetischen Kraftlinien festzustellen, da diese bei maximalem Aufleuchten des Indikatorlämpchens stets senkrecht auf der Fläche des Abstimmkreises stehen. Bei fester Ankopplung des Resonanzkreises an den Sender wird dem letzteren immer mehr Energie entzogen, so daß schließlich die Schwingungen aussetzen. Diese Energieentziehung erkennt man sehr schön an dem langsamen Erlöschen des am Sender gemäß Fig. 6 angebrachten Indikatorlämpchens.

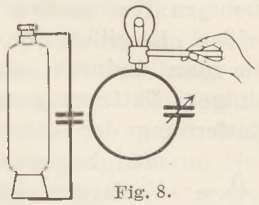


Fig. 8.

Mit dem Abstimmkreis läßt sich noch folgender Versuch ausführen: Man koppelt den Kreis so fest wie möglich mit dem Sender, ohne daß die Schwingungen aussetzen. Berührt man nun den Drahtbügel des Abstimmkreises einpolig mit einer Glühlampe von etwa 10 Volt, deren anderen Pol man mit einem Metallgriff in der Hand hält (s. Fig. 8), so leuchtet die Lampe hell auf. Der in den Körper der Versuchsperson fließende kapazitive Strom ist bei der benutzten hohen Frequenz derartig groß, daß die Lampe aufleuchtet[1]. Der Versuch gelingt sogar noch mit einer 16kerzigen 110 Volt-Kohlefadenlampe.

4. Demonstration des Schwingungszustandes einer Antenne. Um den Sender zur Ausstrahlung elektrischer Wellen zu benutzen, muß man ihn mit einer Antenne koppeln. Als solche benutzt man zweckmäßig eine stabförmige Linearantenne, deren Länge bei Erregung in der Grundschwingung gleich der halben Wellenlänge ist. Die Ankopplung der Antenne an den Sender geschieht durch Annähern des Antennenstabes an den vertikalen Teil des den Schwingungskreis des Senders bildenden Drahtbügels, wie es Fig. 9 zeigt. Die Abstimmung der Antenne läßt sich in verschiedener Weise gut demonstrieren. Als Indikator benutzt man entweder ein 4 Volt-Glühlämpchen oder ein kleines Hitzdrahtamperemeter, das in die Mitte des Antennendrahtes eingeschaltet wird. Durch verschiebbare Messingröhren auf den Antennendrahtenden läßt sich die Länge der Antenne allmählich vergrößern, bis das Aufleuchten des Glühlämpchens bzw. der Ausschlag des Instrumentes ein Maximum geworden ist. Auch hier muß man darauf achten, die Ankopplung an den Sender nicht zu fest zu machen, um ein Aussetzen der Schwingungen zu vermeiden. Da die Annäherung der Hand an den Antennenstab die Abstimmung sofort stört, und die Beobachtung der Einstellung auf Resonanz dadurch sehr erschwert wird, nimmt man zweckmäßig die Verlängerung des Antennenstabes aus einer gewissen Entfernung dadurch vor, daß man sich einer kleinen Hilfsvorrichtung bedient, wie sie in Fig. 10 dargestellt ist. Der Antennenstab ist auf einer kräftigen Holzlatte befestigt, auf seinen Enden sind zwei Metallröhrchen leicht verschiebbar und lassen sich mittels einer Schnur, die über 4 Rollen läuft, herausziehen. Dadurch ist eine stetige Verlängerung des Antennendrahtes und ein exaktes Abstimmen auf Resonanz mit der Senderfrequenz möglich.

Fig. 9.

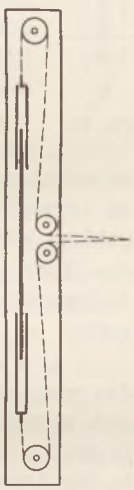


Fig. 10.

Eine andere Methode, diese Abstimmung in einfacher Weise zu demonstrieren, besteht darin, daß man ein etwa 180 cm langes Glasrohr mit 4 mm innerer Weite an der einen Seite mit einem Glashahn versieht und mit Quecksilber füllt. Diese Quecksilbersäule dient sodann als Antenne und wird mit dem Sender gekoppelt.

[1] Man unterlasse es, denselben Versuch durch Berühren des Schwingungskreises des Senders selbst mit der Lampe auszuführen, da am Senderkreis die niederfrequente Wechselspannung von etwa 1000 Volt liegt.

In einigen Metern Entfernung vom Sender wird ein Linearempfänger in der weiter unten beschriebenen Form mit Detektor und angeschaltetem Galvanometer aufgestellt und der Ausschlag dieses Instrumentes beobachtet, während man das Quecksilber aus der Röhre austropfen läßt. Die Abstimmung der Antenne auf Resonanz wird an dem Maximum des Galvanometerausschlages erkannt.

Bei allen diesen Versuchen hat man wieder darauf zu achten, daß die Antenne nicht zu fest an den Sender angekoppelt wird, damit die Schwingungen nicht abreißen. Es gibt für die auf Resonanz abgestimmte Antenne eine günstigste Ankopplung, die man dadurch leicht feststellt, daß man den Ausschlag am Galvanometer des in einiger Entfernung aufgestellten Linearempfängers beobachtet, während man die Entfernung der Antenne vom Schwingungskreis des Senders variiert. Dann erhält man bei einer bestimmten Entfernung (etwa 6 cm bei den Versuchen des Verfassers) einen maximalen Ausschlag am Empfangsinstrument und damit eine günstigste Ankopplung der Antenne.

Fig. 11.

Die Stromverteilung in einer solchen in der Grundschwingung erregten Antenne läßt sich, wie bereits Hollmann beschrieben hat, mit einem Antennendraht nachweisen, in dem mehrere 4 Volt-Glühlämpchen in gleichmäßigem Abstand eingeschaltet sind. Das Leuchten der Lämpchen nimmt nach den Enden der Antenne zu stark ab als Zeichen dafür, daß sich in der Mitte der Antenne ein Strombauch befindet. Der Nachweis der Spannungsverteilung auf dem Antennendraht kann entweder durch Entlangfahren mit einer Glimmlampe demonstriert werden, wobei die Lampe kräftig nur an den Drahtenden aufleuchtet, in der Drahtmitte jedoch erlischt. Besser läßt sich dieser Versuch noch dadurch darstellen, daß man die ganze Antenne in eine luftverdünnte Röhre bringt. Wird der Antennendraht vom Sender erregt, so leuchtet nur der Gasraum an den beiden Enden intensiv auf, und das Leuchten nimmt von den Enden nach der Mitte hin allmählich ab, wie es in Fig. 11 schematisch dargestellt ist. Aus Gründen der Stabilität und des geringen Gewichtes ist es angebracht, als Antenne ein dünnwandiges, etwa 4 bis 5 mm starkes Messingrohr zu verwenden, das mittels zweier Glasröhren in die Vakuumröhre mit Siegellack eingekittet wird. Das ganze Rohr wird auf etwa $^1/_{10}$ mm Hg-Druck ausgepumpt. Damit das Rohr bereits auf niedrige Spannungen anspricht, bringt man zweckmäßig einige Jodkristalle in die Röhre, so daß das Rohr nach dem Auspumpen mit Joddampf gefüllt ist.

5. Versuche über die Ausbreitung der Wellen. Das Strahlungsfeld, das von einer mit dem Sender auf Resonanz abgestimmten Antenne ausgeht, läßt sich mittels einer auf die Wellenlänge abgestimmten linearen Empfangsantenne noch in großer Entfernung nachweisen, wenn man als Indikator einen gewöhnlichen Detektor in die Antennenmitte einschaltet und denselben mit einem empfindlichen Milliamperemeter verbindet[1]. In einer Entfernung von etwa 8 m vom Sender erhält man noch Ausschläge von etwa 2 Milliamperes. Benutzt man statt des Meßinstrumentes ein Telephon, so hört man noch in 50 m Entfernung vom Sender den Niederfrequenzton des als Anodenspannung benutzten Wechselstromes. Bei Benutzung eines Lautverstärkers steigert sich die Entfernung auf ein Vielfaches. Zunächst kann man bei einer Entfernung von etwa 6 bis 8 m zwischen Sender und Empfänger die Polarisation der elektrischen Wellen dadurch zeigen, daß man den Empfänger um 90° dreht. Sind die Richtungen von Sende- und Empfangsantenne gekreuzt, so geht der Ausschlag des Empfangsgalvanometers auf Null zurück. Die bekannten Versuche, die Polarisationsebene durch ein Gitter, das zwischen Sender und Empfänger gebracht wird, zu drehen, gelingen auch hier. Statt des Gitters, das immerhin eine halbe Wellenlänge zum Quadrat groß sein muß, geht der Versuch auch mit einer einfachen,

[1] Besonders gut hat sich hier das vom Verfasser in dieser Zeitschr. 41, 1928; 180 beschriebene Projektionsgalvanometer bewährt.

auf die Welle abgestimmten Linearantenne, die man zwischen Sender und Empfänger an Stelle des Gitters bringt. Bei gekreuzter Sende- und Empfangsantenne wird der Ausschlag wieder ein Maximum, wenn diese Hilfsantenne einen Winkel von 45^0 gegen Sende- und Empfangsantenne bildet. Ferner läßt sich die Reflexion sowie die Ausbildung stehender Wellen an einem ebenen Metallblech oder einer mit Stanniol beklebten Pappwand in bekannter Weise demonstrieren.

Es sind ferner noch zu erwähnen die Versuche über die Strahlwirkung von Antennenkombinationen Bringt man in einer Entfernung von $^1/_4\ \lambda$ hinter dem Sender eine auf Resonanz abgestimmte Antenne parallel zur Sendeantenne an, so steigt die Strahlwirkung der letzteren in der Richtung Hilfsantenne — Sendeantenne beträchtlich durch Zusammenwirkung der beiden von Primär- und Sekundärantenne ausgehenden Wellen, während in der entgegengesetzten Richtung die Strahlung annähernd Null wird. Diese Versuche lassen sich noch beliebig durch Benutzung mehrerer Antennen erweitern und geben Gelegenheit, in einfacher Weise das Richtungsenden einer Antennenanlage zu demonstrieren, wie es heute in der Praxis bei den Kurzwellensendern mit gerichteter Strahlung vielfach benutzt wird. Auch am Empfänger lassen sich ähnliche Versuche mit abgestimmten Hilfsantennen, die in entsprechender Entfernung von der Empfangsantenne aufgestellt werden, vornehmen, und ermöglichen es, die Richtwirkung von Empfangsantennenanlagen zu zeigen.

6. Der Hertzsche Versuch zur Demonstration der endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit elektrischer Wellen. Verbindet man einen geschlossenen und nur durch eine kleine, fein verstellbare Funkenstrecke unterbrochenen Drahtkreis, etwa ein Rechteck (35 × 16 cm), das mit seiner Ebene wagrecht in einiger Entfernung vom Sender aufgestellt ist, durch einen dünnen Draht mit einem Punkt des Senderschwingungskreises (siehe Fig. 12), so treten, wenn der Sender schwingt, an der Funkenstrecke kleine Funken dann auf, wenn die Anschlußstelle *a* unsymmetrisch zur Funkenstrecke des Kreises liegt. Liegt dagegen die Anschlußstelle genau der Funkenstrecke gegenüber, sind also die beiden Drahtwege von *a* bis zur Funkenstrecke genau gleich, so bleiben die Funken aus. Das Auftreten der Funken kann man einem größeren Auditorium durch eine über die Funkenstrecke gelegte Glimmlampe bzw. kleine Neon-Röhre sehr deutlich vorführen. Dabei ist die Einstellung des Punktes *a*, damit das Leuchten der Röhre erlischt, außerordentlich scharf und liegt innerhalb weniger Millimeter. Der Versuch gelingt in dieser Weise mit der Erregung durch die ungedämpften Röhrenschwingungen weitaus leichter und präziser als in der bisher üblichen Weise durch Erregung mit einem gedämpften Hertzschen Funkensender. Die Erklärung für den Versuch ist kurz die, daß die Ladung, die vom Schwingungskreis des Senders über den Verbindungsdraht sich fortpflanzt, sich an der Stelle *a* in die beiden Wege nach der Funkenstrecke teilt. Sind diese beiden Wege gleich, so herrscht an der Funkenstrecke in jedem Augenblick dasselbe Potential, und es entstehen keine Funken. Bei verschieden langen Wegen bilden sich aber infolge der endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit der Spannungswellen an der Funkenstrecke Potentialdifferenzen, die zu einem Auftreten von Funken bzw. zum Aufleuchten der Indikatorlampe führen[1].

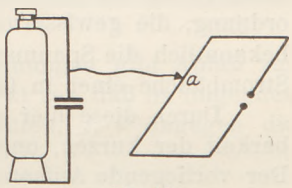


Fig. 12.

7. Versuche am Lecher-System. Selbstverständlich lassen sich mit dem oben beschriebenen Sender alle bekannten Versuche stehender Wellen an zwei parallelen Drähten, dem Lecher-System, ausführen. Hierüber hat Hollmann in der mehrfach zitierten Arbeit alles Wesentliche gesagt. Durch die jetzt zur Verfügung stehende 2,4 m-Welle läßt sich auf dem Lecher-System bei genügender Länge desselben eine ganze Reihe von Knotenstellen feststellen. Die Knotenstellen weist man

[1] S. auch Müller-Pouillet, Lehrbuch d. Physik. Braunschweig 1914, Bd. IV, 3. Abteilung. S. 922.

entweder dadurch nach, daß man mit einer Brücke, die ein 4 Volt-Lämpchen enthält, an den Drähten entlang fährt und das Aufleuchten des Lämpchens an den Knotenstellen beobachtet, oder man bringt in der Ankopplungsschleife des Systems an dem Sender ein 4 Volt-Lämpchen (evtl. im Nebenschluß) an, und benutzt als Brücke einen einfachen Draht. Das Lämpchen leuchtet dann jedesmal auf, wenn dieser Brückendraht an einer Knotenstelle liegt. Die Spannungsbäuche auf dem System zwischen den einzelnen Knotenstellen zeigt man bequem mittels einer gewöhnlichen Glimmlampe.

Zum Schluß sei noch folgender Versuch angegeben, der gewissermaßen ein Zusammendrücken eines Lecher-Systems auf einen engen Raum darstellt. Der eine Draht wird zu einer zylindrischen Spule aufgewickelt. Bei den Versuchen des Verfassers wurden auf ein Hartgummirohr von 400 mm Länge, 40 mm Durchmesser 200 Windungen eines 0,9 mm starken blanken Drahtes mit einer Ganghöhe von etwa 1 mm aufgewickelt. Die Spule kann in zwei Lagerböcken leicht gedreht werden. Parallel zur Spule verläuft ein gerader Messingdraht, auf dem eine Brücke sich leicht verschieben läßt (siehe Fig. 13). Diese Brücke enthält ein 4 Volt-Lämpchen G und wird an ihrem freien Ende von den Drahtwindungen der Spule geführt. Beim Drehen der Spule gleitet die Brücke dann längs derselben entlang. Das eine Ende der Spule ist über eine Kopplungsschleife mit dem Paralleldraht verbunden. Wird diese Anordnung durch den 2,4 m-Sender erregt und die Spule gedreht, so leuchtet das Lämpchen in gleichmäßigen Abständen von etwa 5 cm auf, und zwar jedesmal dann, wenn es an die Stelle eines Strombauches auf der Spule kommt. Durch diese Anordnung, die gewissermaßen ein Analogon zur Seibtschen Spule bildet, bei der man bekanntlich die Spannungsbäuche durch ein Vakuumrohr nachweist, lassen sich so die Strombäuche einer in Oberschwingungen erregten Spule demonstrieren.

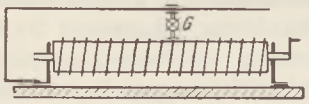


Fig. 13.

Durch diese hier geschilderten Versuche ist nun noch keineswegs die Anwendbarkeit der kurzen, ungedämpften Schwingungen für Demonstrationszwecke erschöpft. Der vorliegende Aufsatz sollte nur die wichtigsten Versuchsanordnungen bringen und hauptsächlich den genauen Aufbau eines Kurzwellensenders zur Erzeugung einer möglichst kurzen, aber energiereichen, ungedämpften Welle angeben.

Kapazität und Selbstinduktion.

Von **Emil Hensel** in Villingen.

Um das gegensätzliche Verhalten dieser beiden Wechselstromgrößen zu demonstrieren, kann man folgendermaßen verfahren. Man schaltet zwei oder mehrere Lampen in Serie. In den Fig. 1a und 1b seien sie dargestellt durch die beiden hintereinanderliegenden Ohmschen Widerstände R und R_1. Zwischen den Punkten

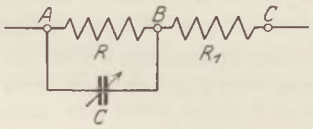


Fig. 1a.

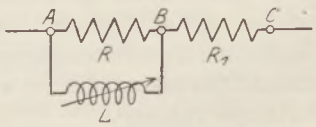


Fig. 1b.

A und B liegt im Nebenschluß ein Kondensator mit der variablen Kapazität C, z. B. die von mir in dieser Zeitschrift (Jahrg. 1925, S. 144) beschriebene „Kondensatorbatterie“, bzw. eine Spule mit variabler Selbstinduktion L, als welche ich eine oder mehrere hintereinandergeschaltete Spulen zu je 2000 Windungen dicken Drahtes verwende, deren Ohmscher Widerstand gegenüber dem induktiven vernachlässigt werden darf. Die Veränderlichkeit der Selbstinduktion wird durch einschiebbare Eisenkerne ermöglicht.

Das Anschalten des Kondensators (Fig. 1a) bewirkt, daß die Lampen R dunkler brennen als zuvor, die Lampen R_1 dagegen heller als ursprünglich. Also stellt der Kondensator einen Widerstand dar, der den zwischen A und B anfänglich vorhandenen Widerstand verringert, somit die Gesamtstromstärke vergrößert. Vergrößert man nun C, so beobachtet man, daß die Lampen R noch dunkler, die R_1 noch heller brennen. Man schließt daraus, daß eine größere Kapazität geringeren Widerstand besitzt als eine kleinere.

Das Anschalten der Selbstinduktion (Fig. 1b) bedingt ebenfalls eine Abnahme des Widerstands und des Spannungsabfalls zwischen den Punkten A und B, was zur Folge hat, daß die Lampen R dunkler als vorher brennen, die Lampen R_1 dagegen heller. Die Erscheinung ist also die gleiche wie beim Kondensator. Vergrößert man aber L durch Einschieben der Eisenkerne, so brennen die Lampen R wieder heller und heller, während die Lampen R_1 dunkler werden. Somit stellt eine größere Selbstinduktion einen größeren Widerstand dar als eine kleinere.

Aufschlußreich ist auch die Verwendung von Gleichstrom an Stelle des Wechselstroms. Im Falle 1a erkennt man dann, daß das Anschalten von Kapazität keine Änderung der Helligkeit der Lampen zur Folge hat, gleichviel ob die Kapazität groß oder klein ist. Der Spannungsbetrag zwischen A und B hat sich also ebensowenig geändert wie die Gesamtstromstärke. Der Widerstand der Kapazität ist mit anderen Worten für Gleichstrom unendlich groß. Im Falle 1b beobachtet man, daß die Lampen R bei Verwendung von Gleichstrom dunkler brennen als bei Wechselstrom. Der Widerstand der Spulen ist also geringer, wenn Gleichstrom hindurchgeht, er besteht nur aus dem Ohmschen Widerstand, während er bei Wechselstrom durch das Hinzutreten der Selbstinduktion größer erscheint.

Die theoretische Behandlung der beschriebenen Erscheinungen gibt Anlaß zur Lösung einiger schönen Wechselstromaufgaben. Vorausgeschickt sei, daß im folgenden i, v Augenblickswerte des Stromes bzw. der Spannung bedeuten, J, V dagegen die

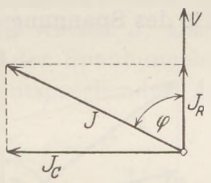


Fig. 2a.

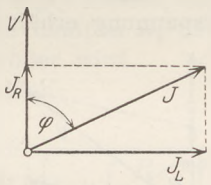


Fig. 2b.

gemessenen oder Effektivwerte. Es ist zunächst die Größe des Verzweigungswiderstandes AB zu berechnen. In den Fig. 1a und 1b denke man sich zu diesem Zweck den Widerstand R_1 vorübergehend entfernt, so daß die ganze Klemmenspannung an den Punkten A und B liegt. Ist ein Augenblickswert derselben $v = v_0 \sin \omega t$, dann haben im Falle 1a die Zweigströme die Werte

$$i_R = \frac{v_0}{R} \sin \omega t,$$

$$i_C = v_0 \omega C \sin (\omega t + 90^0),$$

im Falle 1b

$$i_R = \frac{v_0}{R} \sin \omega t,$$

$$i_L = \frac{v_0}{\omega L} \sin (\omega t - 90^0).$$

Den Gesamtstrom und daraus den gesuchten Widerstand erhält man am einfachsten im Stromdiagramm durch geometrische Addition der Teilströme[1]. Das Nähere zeigen

[1] Vgl. Starke, Experimentelle Elektrizitätslehre 1904, S. 217.

die Fig. 2a und 2b, die darin vorkommenden Größen sind Effektivwerte. Man hat im Falle 2a:

$$J_R = \frac{V}{R},\ J_C = V\omega C,\ J = V\frac{\sqrt{1+(R\omega C)^2}}{R},\ W_{R,C} = \frac{R}{\sqrt{1+(R\omega C)^2}},\ \operatorname{tg}\varphi = \frac{J_C}{J_R} = R\omega C.$$

Im Falle 2b:

$$J_R = \frac{V}{R},\ J_L = \frac{V}{\omega L},\ J = V\frac{\sqrt{1+\left(\frac{R}{\omega L}\right)^2}}{R},\ W_{R,L} = \frac{R}{\sqrt{1+\left(\frac{R}{\omega L}\right)^2}},\ \operatorname{tg}\varphi = \frac{J_L}{J_R} = \frac{R}{\omega L}.$$

Vergleicht man die Verzweigungswiderstände $W_{R,C}$ und $W_{R,L}$ miteinander und mit dem Widerstand R, so erkennt man, daß sie beide kleiner sind als R, daß aber $W_{R,C}$ mit zunehmendem C kleiner, $W_{R,L}$ mit zunehmendem L größer wird.

Wir kehren jetzt zurück zu unserer ursprünglichen Annahme, wie sie in den Fig. 1a und 1b dargestellt ist, und berechnen die effektiven Teilspannungen an AB und BC und die Gesamtspannung. Die Hintereinanderschaltung der Widerstände $W_{R,C}$ und R_1 (Fall 1a) bzw. $W_{R,L}$ und R_1 (Fall 1b) bedingt einen ungeteilten Strom von der Augenblicksstärke $i = i_0 \sin \omega t$. Im Fall 1a haben wir dann die Teilspannungen

$$v_{R,C} = i_0 \frac{R}{\sqrt{1+(R\omega C)^2}} \sin(\omega t - \varphi),$$

$$v_{R_1} = i_0 R_1 \sin \omega t,$$

im Fall 1b:

$$v_{R,L} = i_0 \frac{R}{\sqrt{1+\left(\frac{R}{\omega L}\right)^2}} \sin(\omega t + \varphi),$$

$$v_{R_1} = i_0 R_1 \sin \omega t.$$

Die effektive Gesamtspannung erhält man mit Hilfe des Spannungsdiagramms (Fig. 3a

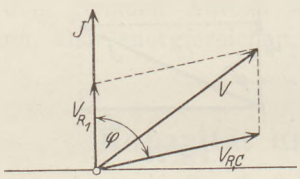


Fig. 3a.

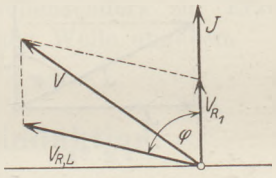


Fig. 3b.

und 3b). Darin sind die effektiven Teilspannungen, wenn J die effektive Stromstärke bedeutet:

Fig. 3a:
$$V_{R,C} = J\frac{R}{\sqrt{1+(R\omega C)^2}},$$
$$V_{R_1} = JR_1.$$

Fig. 3b:
$$V_{R,L} = J\frac{R}{\sqrt{1+\left(\frac{R}{\omega L}\right)^2}},$$
$$V_{R_1} = JR_1.$$

Die Gesamtspannung ist:

Fig. 3a:
$$V = \sqrt{V_{R,C}^2 + V_{R_1}^2 + 2V_{R,C}V_{R_1}\cos\varphi}.$$

φ ist der Phasenunterschied zwischen dem Strom J und der Spannung $V_{R,C}$. Er bestimmt sich aus $\operatorname{tg}\varphi = R\omega C$, woraus $\cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+(R\omega C)^2}}$. Somit ist

$$V = J\sqrt{\frac{R^2 + 2RR_1}{1 + (R\omega C)^2} + R_1^2}.$$

Der Wurzelausdruck ist der Gesamtwiderstand W, $J = \frac{V}{W}$. Die Gesamtspannung (Fig. 3b) ist

$$V = \sqrt{V_{R,L}^2 + V_{R_1}^2 + 2V_{R,L}V_{R_1}\cos\varphi}.$$

Aus $\operatorname{tg}\varphi = \frac{R}{\omega L}$ ist $\cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{\omega L}\right)^2}}$, daher

$$V = J\sqrt{\frac{R^2 + 2RR_1}{1 + \left(\frac{R}{\omega L}\right)^2} + R_1^2}.$$

Der Wurzelausdruck ist der Gesamtwiderstand W, $J = \frac{V}{W}$. Setzt man den für J erhaltenen Wert in die Ausdrücke für die Teilspannungen ein, so erhält man

Fig. 3a:
$$V_{R,C} = V\frac{R}{\sqrt{R^2 + 2RR_1 + R_1^2\left[1 + (R\omega C)^2\right]}},$$

$$V_{R_1} = V\frac{R_1}{\sqrt{\frac{R^2 + 2RR_1}{1 + (R\omega C)^2} + R_1^2}},$$

dazu
$$J = \frac{V}{\sqrt{\frac{R^2 + 2RR_1}{1 + (R\omega C)^2} + R_1^2}}.$$ Man erkennt:

Mit zunehmender Kapazität C wird die Spannung $V_{R,C}$ kleiner, die Lampen R brennen dunkler. Gleichzeitig wächst J, also brennen die Lampen R_1 heller. Dies geht auch daraus hervor, daß der Spannungsbetrag V_{R_1} größer wird.

Fig. 3b: Die entsprechenden Ausdrücke heißen:

$$V_{R,L} = V\frac{R}{\sqrt{R^2 + 2RR_1 + R_1^2\left[1 + \left(\frac{R}{\omega L}\right)^2\right]}},$$

$$V_{R_1} = V\frac{R_1}{\sqrt{\frac{R^2 + 2RR_1}{1 + \left(\frac{R}{\omega L}\right)^2} + R_1^2}},$$

$$J = \frac{V}{\sqrt{\frac{R^2 + 2RR_1}{1 + \left(\frac{R}{\omega L}\right)^2} + R_1^2}}:$$

Mit zunehmender Selbstinduktion L wird die Spannung $V_{R,L}$ größer, die Lampen R brennen heller. Gleichzeitig wird J kleiner, also brennen die Lampen R_1 dunkler, auch deshalb, weil die Spannung V_{R_1} ebenfalls kleiner wird.

Bei Behandlung der beschriebenen Fälle im Unterricht lohnt es sich, auch das Verhältnis der Teilspannungen und der Summe der letzteren zur Gesamtspannung zu bestimmen und dabei auch auf spezielle Fälle einzugehen, z. B. $C = 0$, $L = 0$, $R_1 = R$, oder $\frac{1}{\omega C} = R = R_1$, $\omega L = R = R_1$ usw.

Die Bildung der Kalksteine.

Von Privatdozent Dr. **Fritz Behrend** in Berlin.

Im Verlaufe der chemischen Verwitterung bleibt ein Teil der ursprünglichen Substanz der Gesteine ungelöst auf seiner Lagerstätte liegen; ein anderer Teil geht in leicht löslicher Form mit dem Sickerwasser ins Grundwasser und mit diesem durch die Flüsse ins Meer oder in abflußlose Binnenseen.

Die Hauptmasse dieser aus den Gesteinen gelösten Bestandteile besteht aus den Kationen Ca, Mg, K und Na, zu denen vorwiegend die Anionen Cl, SO_3 und CO_2 treten.

Nun ist es lange bekannt, daß das Flußwasser die gelösten Bestandteile vorwiegend in Form von Karbonaten führt, während Sulfate und Chloride im Grund- und Flußwasser eine untergeordnete Rolle spielen. Im Meerwasser dagegen ist das Umgekehrte zu beobachten; dort wiegen die Chloride vor, während die Karbonate überhaupt kaum in Erscheinung treten. Das zeigt deutlich die folgende vom Verf. errechnete Zusammenstellung[1]:

	Im Flußwasser Mittel	Im Meerwasser Mittel
Karbonate	51,48	0,47
Sulfate	17,78	12,21
Chloride	8,31	86,88
Bromate	—	0,44
SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, Phosphate, Nitrate, Org. Substanz	22,43	—
	100,00	100,00

Besonders instruktiv ist eine von Clarke[2] angestellte Berechnung der jährlich dem Ozean durch die Flüsse zugeführten Salzmengen und der im Ozean bereits in Lösung vorhandenen Mengen dieser Salze. Aus dieser Berechnung ergibt sich, daß jährlich an Calcium, also dem $Ca^{\cdot\cdot}$-Ion allein aus den Kontinenten etwa 557 670000 metrische Tonnen durch die Flüsse ins Meer wandern. Das ist eine Menge, die fast ebenso groß ist wie die Menge aller anderenKationen zusammen, die dem Meere zugeführt werden.

Das Calcium ist also das bei der Verwitterung am reichlichsten gelöste und von den Flüssen ins Meer geführte Kation, das vorwiegend als Bikarbonat, untergeordnet als Sulfat oder Phosphat in Lösung gehalten wird; daß es trotzdem unter den im Meere gelösten Salzen nicht in die Erscheinung tritt, hat seinen Grund einerseits in dem außerordentlich geringen Betrag seiner Löslichkeit, andererseits darin, daß ein sehr wesentlicher Teil dem Meerwasser dauernd durch Lebewesen aller Art entzogen wird, die es zu ihrem Aufbau gebrauchen.

Zunächst wollen wir uns ganz kurz an die Bildungsbedingungen und die Unterscheidung von Kalk und Aragonit erinnern. Kalkspat ist bekanntlich hexagonal, rhomboedrisch, hemiedrisch und hat ein spezifisches Gewicht von 2,71 bis 2,72. — Aragonit ist rhombisch, holoedrisch und besitzt ein spezifisches Gewicht von etwa 2,95, ist also dichter als Kalkspat. Kalkspat ist die unter normalen Verhältnissen stabile Form des $CaCO_3$ und daher viel häufiger als Aragonit; letzterer geht bei Gelegenheit in Kalkspat über.

Johnston, Merwin und Williamson[3] fanden, daß Aragonit entsteht 1. durch organische Agenzien, z. B. in vielen Mollusken[4] („Conchit"), Korallen, Crustaceen,

[1] F. Behrend und G. Berg, Chemische Geologie. Stuttgart 1927, S. 414.

[2] F. W. Clarke, U. S. Geol. Surv. Bull. 616, 1916, S. 136.

[3] J. Johnston, H. E. Merwin und E. D. Williamson, Amer. Journ. Sci. 1916, Bd. 41, S. 475 bis 512. Ref. N. Jahrb. Min. 1922, I, S. 145 bis 152. — Vgl. auch G. Linck in Doelters Handbuch, 1912, Bd. 1, S. 113 bis 120.

[4] Aragonitschalen bilden z. B. Cardium, Donax, Cerillicum, Venus, Natica, Cypräa. Vgl. P. Tesch, Verslag Vergad. Wiss. Nat. Afd. Kgl. Akad. Amsterdam 1908, S. 234.

Echinodermen, 2. als Absatz aus heißen Quellen, 3. wenn ein dem Aragonit isomorphes Karbonat als Keim in der Lösung wirken kann, 4. als chemischer Niederschlag in saurer Lösung bei normaler Temperatur.

In den übrigen Fällen bildet sich Kalkspat.

Kalkspat und Aragonit sind leicht zu unterscheiden durch die bekannte Meigensche Reaktion[1]. Sie besteht darin, daß das Gesteinspulver mit verdünnter Kobaltnitratlösung angefärbt wird; Aragonit färbt sich dabei violett und verändert die Farbe beim Kochen nicht; Kalkspat dagegen bleibt in der Kälte weiß und wird beim Kochen blau. Auch bei Behandlung mit Ferrosulfat sind beide zu unterscheiden. Kalkspat überzieht sich mit einer Haut von gelbem Ferrihydroxyd, Aragonit ergibt einen dunklen Niederschlag von Ferrohydroxyd.

Wenn Aragonit in Kalkspat übergeht, so ist dieser Vorgang mit einer Volumenzunahme verbunden. Tarr[2] glaubte die Bildung der „Tutenmergel- (cone-in-cone)" Struktur so erklären zu können, daß solche Sedimente zunächst Aragonit enthalten hatten, der bei seiner Umwandlung in Kalcit durch die Volumenzunahme diese eigenartigen Strukturen erzeugt habe.

Für die Löslichkeit im Bereich der Verwitterung kommt also in der Hauptsache Kalcit, der Hauptbestandteil der Kalksteine in Frage neben dem Ca der Kalksilikate.

Die Löslichkeit des Kalkes in reinem Wasser ist gering und schwankt nach den Angaben der einzelnen Autoren[3]. Diese Zahlen kommen auch für uns nicht in Betracht, weil alle natürlichen Wässer Kohlensäure enthalten; die für diese geltenden Löslichkeitswerte erwähnen wir unten.

Die Untersuchungen über die verschiedenen Abscheidungen von kohlensaurem Kalk aus seinen Lösungen haben drei Möglichkeiten ergeben, nämlich:

1. eine rein anorganische Abscheidung von Kalk im Wasser;
2. eine anorganische Ausfällung von Kalk unter Beteiligung von Organismen;
3. eine vorwiegend organische Ausfällung des Kalkes.

1. Rein anorganische Ausscheidung von Kalk im Wasser.

Wenn in Kalkgebieten Sickerwasser in das Gestein eindringen, so lösen sie erhebliche Mengen von Kalk auf, und je tiefer sie eindringen können, um so größer werden die durch Zersetzung von organischer Substanz gebildeten Kohlensäuremengen, die für die Bildung von Kalkbikarbonat erforderlich sind. Tritt ein solches Wasser dann irgendwo als Quelle wieder zutage, so hält es größere Mengen von Kalk in Lösung, als es unter den Bedingungen an der Erdoberfläche lösen könnte; die überschüssige Kohlensäure entweicht, das Bikarbonat wird zersetzt und der Kalk fällt in der Nähe der Quellmündung aus; dabei werden alle im Wasser vorhandenen Gegenstände: Holz, Schneckenschalen, Wasserpflanzen, Steine mit einer immer stärker werdenden Kruste überzogen, und schließlich bildet sich ein zusammenhängendes, oft sehr festes Gestein, das als Kalktuff, Travertin, bezeichnet wird.

Vergleichbar mit diesen Bildungen sind die Tropfsteingebilde in den oft durch chemische Erosion entstandenen Kalkhöhlen und in mit Zement ausgekleideten Strecken in Bergwerken. Sie entstehen dadurch, daß die mit Kalkkarbonat beladenen Wassertropfen in der Luft verdunsten und den Kalk zurücklassen müssen.

Für uns von besonderer Wichtigkeit ist die Löslichkeit des Kalkes in Form des Bikarbonates, weil ja dies wohl die im Flußwasser übliche Lösungsform ist.

Johnston und Williamson[4] fanden, daß die Konzentration des $Ca^{\cdot\cdot}$ in Lösung sich ändert mit der Konzentration der „freien" Kohlensäure (H_2CO_3); diese ist aber

[1] W. Meigen, Zentralbl. Min. 1901, S. 577.
[2] W. Tarr, Amer. Journ. Sci. 1922, V. Bd. 4, S. 199 bis 213.
[3] Vgl. H. Leitmeier in Doelters Handbuch 1912, Bd. 1, S. 308ff.
[4] J. Johnston und E. Williamson, Journ. of Geol. 1916, Bd. 24, S. 729 bis 750.

wieder abhängig vom Partialdruck des CO_2 in der mit der Lösung (also dem Fluß- oder Meerwasser) in Berührung stehenden Luftschicht, und nimmt mit steigender Temperatur ab, weil dann auch die Löslichkeit von CO_2 abnimmt[1].

Löslichkeit von Kalk unter atmosphärischen Bedingungen (Partialdruck P = 0,00032) und das Löslichkeitsprodukt bei verschiedenen Temperaturen (Johnston und Williamson, a. a. O., S. 733).

Temp.	Löslichkeit von Kalkspat, Teile $CaCO_3$ je Million	Mol. Absorptionskoeffizient für CO_2	Löslichkeitsprodukt $K'_{Cx}\ 10^8$
0° C	81	0,0765	1,22
5	75	0,0637	1,14
10	70	0,0535	1,06
15	65	0,0455	0,99
20	60	0,0392	0,93
25	56	0,0338	0,87
30	52	0,0297	0,81

Bei normalem Luftdruck lösen sich demnach bei 0° 81 mg Kalkspat je 1 l, bei + 30° dagegen nur 52 mg je 1 l. Die Löslichkeit beträgt bei 16° C nur 63 mg je 1 l bei normalem Luftdruck und kann bei niedrigerem Partialdruck des CO_2 bis auf 75 Teile steigen. Im Gegensatz zu den Chloriden und Sulfaten von Mg, K und Na ist sie also außerordentlich gering. (Die Angaben über die Löslichkeit des Kalkbikarbonates schwanken bei den älteren Autoren erheblich und sind anscheinend meist zu hoch.)

Wichtig ist ferner die Berechnung von Dittmar[2], der unter der Annahme, daß alles CO_2 im Seewasser an Kalk gebunden ist, den durchschnittlichen Höchstgehalt an $CaCO_3$ auf etwa 0,121 g in 1 l Seewasser angibt. Da aber wahrscheinlich auch andere Karbonate vorhanden sind, so dürfte der tatsächliche Wert wesentlich niedriger sein.

Auf Grund der oben mitgeteilten Beobachtungen über die Lösungsbedingungen des Kalkes wiesen zuerst Johnston und Williamson darauf hin, daß eine Bildung von kalkigen Sedimenten durch rein chemische Vorgänge und ohne Mitwirkung von irgendwelchen Organismen möglich sei.

Wahrscheinlich ist in den wärmeren Teilen der Ozeane — wenigstens auf hoher See[3] — die Konzentration des Calciums im Meerwasser nahe der Sättigungsgrenze für Calciumkarbonat.

Steigt die Temperatur nun z. B. um 2° C, oder sinkt die Konzentration des CO_2 in der Luft von 3,3 auf 3,0 Teile CO_2 in 10000 Teilen Luft, so nimmt durch eine dieser Änderungen in der Atmosphäre die Löslichkeit des Kalkkarbonates von 65 auf 63 Teile je Million ab; d. h. es müssen aus jedem Kubikmeter gesättigter Lösung je 2 g $CaCO_3$ ausfallen; es müssen also bei etwas größeren Temperaturdifferenzen und den zur Verfügung stehenden Wassermengen recht erhebliche Kalkmengen sein, die sedimentiert werden können.

Die so abgeschiedenen Mengen von Kalk können aber zunächst nur in relativ flachem Wasser den Meeresboden erreichen, denn bei niederer Temperatur löst sich wiederum mehr CO_2 im Wasser. Man führt die Zunahme der Löslichkeit des Kalkes mit

[1] Behrend und Berg, a. a. O., S. 279.

[2] W. Dittmar, Challenger Rep. Phys. chem. 1884, Bd. 1, S. 211.

[3] Die chemisch auflösende Tätigkeit des Meerwassers an vielen Kalkküsten zeigt, daß in der Küstenzone der Kalkgehalt ebenso wie der Gehalt an anderen Salzen zeitweilig niedriger ist als abseits der Küste.

zunehmender Meerestiefe lediglich auf die dort herrschende niedrigere Temperatur zurück, und durch diesen Umstand dürfte auch im wesentlichen die Auflösung von organischen Kalkresten in den Tiefen der Ozeane bedingt sein. Wenn solches Tiefenwasser mit den Meeresströmungen in wärmeren Gebieten an die Oberfläche kommt, so muß es das überschüssige CO_2 und damit $CaCO_3$ anorganisch abscheiden. Plankton und Bakterien können dabei als eine Art von Katalysatoren mitwirken. Nach den Polen hin nimmt die Kalkabscheidung infolge der durch die tiefe Temperatur veranlaßten physikalischen Bedingungen ab. Gleiche Tierarten scheiden auch bekanntlich in Gebieten warmen Wassers mehr Kalk ab als in kalten.

Wie groß der durch diese Vorgänge bedingte Anteil von rein anorganisch abgeschiedenem Kalk an der Sedimentbildung tatsächlich ist, ist bisher unsicher.

Bei reichlicher Kalkzufuhr durch Flüsse in Verbindung mit reichlicher Verdunstung an der Meeresoberfläche kann gelegentlich auch bei gleichbleibender Temperatur und gleichem Kohlensäure-Partialdruck eine Übersättigung mit Kalksalzen eintreten, und es muß dann eine Abscheidung dieses überschüssigen und daher unlöslichen Kalkes vor solchen Flußmündungen und Küsten eintreten.

Thoulet[1] beobachtete, daß im Golf von Lyons Schlammkörner mit Häutchen von $CaCO_3$ überzogen waren, und daß sich dieser Überzug während der Sedimentation bildete; er schloß daraus, daß das Wasser im Golf von Lyons stets mit $CaCO_3$ gesättigt bleibt, und A. G. Mayer[2] und T. Vaughan[3] kommen für das Gebiet um Florida zu dem gleichen Ergebnis.

Für die anorganische Lösung und Ausscheidung von Kalk sind von großer Wichtigkeit die von J. Buchanan und W. Dittmar[4] gefundenen Daten über den Gehalt des Meerwassers an freier Kohlensäure bei verschiedenen Temperaturen und in verschiedenen Tiefen:

a) Durchschnittlicher Gehalt an freier Kohlensäure im Meerwasser bei verschiedenen Temperaturen:

(Milligramm im Liter)

25° bis 28,7° C	35,88	10° bis 15° C	43,50
20° bis 25° C	37,18	5° bis 10° C	47,21
15° bis 20° C	42,68	— 1,4° bis + 3,2° C	53,31

b) Durchschnittlicher Gehalt an freier Kohlensäure im Meerwasser in verschiedenen Tiefen:

(Milligramm im Liter)

Oberfläche	42,6	300 Faden	44,0
25 Faden	33,7	400 Faden	41,4
50 Faden	48,8	800 Faden	42,2
100 Faden	43,6	Über 800 Faden	44,6
200 Faden	44,6	Boden	47,4

195 Kohlensäurebestimmungen von Buchanan liegen diesen letzten Durchschnittszahlen zugrunde; die einzelnen Bestimmungen ergeben Gehalte von 19,3 bis zu 96 mg im Liter.

Aus den hier gebrachten Angaben ist ersichtlich, daß ein nicht geringer Teil des an der Oberfläche ausgeschiedenen Kalkes in größeren Tiefen gelöst wird, ohne den Tiefseeboden zu erreichen.

[1] J. Thoulet, Ann. Inst. Oceanogr. 1912, IV, Bd. 7, S. 32 bis 35.
[2] A. G. Mayer, Proc. Nat. Acad. 1916 II, S. 28.
[3] T. W. Vaughan, z. B. Amer. Journ. Sci. 1916, Bd. 41, S. 133.
[4] Challenger Report. Narrative, Part. 2, S. 979. — Vgl. auch Rep. an phys. and chem. Bd. 1 und J. Buchanan, Proc. Roy. Soc. 1874. Bd. 22, S. 192, 483.

2. Anorganische Ausfällung von Kalk unter Beteiligung von Organismen.

Als anorganische Ausscheidung unter Beteiligung von Organismen bezeichnen wir hier eine solche, bei der die Ausfällung des Kalkes durch die Lebenstätigkeit der Organismen in der Weise bedingt wird, daß diese gewisse Gase ausscheiden, die mit den gelösten Bikarbonaten reagieren und dadurch die Abscheidung von $CaCO_3$ veranlassen, ohne daß aber der Kalk irgendwie für die Lebenstätigkeit oder den Bau dieser Organismen benutzt würde.

Eine solche Art der Kalkbildung beschrieb z. B. Drew[1]. Er fand an den Küsten von Florida massenhaft eine Bakterie, Bacterium Calcis, die bei ihrem Lebensprozeß Ammoniak abscheidet. Dieses wirkt auf das Bikarbonat, und dadurch wird ein zunächst teilweise gelatinöser Kalkschlamm in großer Menge im flachen Wasser abgeschieden.

Kellermann und Smith[2] konnten zwei weitere Arten der Fällung von Calciumkarbonat durch die Tätigkeit von Bakterien unterscheiden. Im ersten Fall handelt es sich um die gemeinsame Einwirkung von Mischkulturen verschiedener Bakterien, von denen z. B. die eine Art CO_2 bildet, während die andere durch Zersetzung von Proteiden oder durch Reduktion von Nitraten und Nitriden Ammoniak erzeugt. Auf diese Weise entsteht dann Ammoniumkarbonat (NH_4). HCO_3, das sogar auf $CaSO_4$ einwirken soll und aus diesem $CaCO_3$ abscheidet; da die Kalksalze in Lösung in ihre Ionen aufgespalten sind, so ist es für diese Reaktion gleichgültig, welche Salze man in Lösung annimmt. Die Bildung von Gips ist in diesem Falle jedenfalls ausgeschlossen. Die andere Art ist die, daß Bakterien organischsaure Kalksalze unter Bildung von Karbonat zersetzen. Diese letzte Art dürfte geologisch von geringem Interesse sein. Vermutlich haben noch andere Mikroorganismen die Eigenschaft, in ähnlicher Weise die Ausscheidung von Kalk aus dem Meerwasser zu veranlassen. Die Bakterien gedeihen nach Drew am besten in den oberen Wasserschichten der warmen Gebiete. Der abgeschiedene Kalkschlamm ist zunächst außerordentlich fein verteilt und neigt sehr zur Bildung von feinen Oolithen.

Es mag hier noch erwähnt werden, daß Kalkpflanzen, die in den aus Kalkgebieten entspringenden Wasserläufen wachsen, dadurch zur schnelleren Ausfällung des gelösten Kalkes beitragen, daß sie die für seine Lösung erforderliche Kohlensäure für ihre Vegetationsprozesse absorbieren. Das auf diese Weise ausgeschiedene Kalkkarbonat umkrustet allmählich äußerlich die assimilierenden Teile der Pflanzen und trägt schließlich zusammen mit der oben erwähnten, rein anorganischen Kalkausscheidung dazu bei, zusammenhängende kompakte Kalkablagerungen zu schaffen.

Die alte Anschauung von Bischoff, daß dichte Kalke im wesentlichen teils durch die Abscheidungen solcher Mikroorganismen bedingt seien, teils durch Entziehung der lösenden Kohlensäure, ist durch die neueren Untersuchungen wieder zur Geltung gekommen.

Wie groß der Hundertsatz dieser anorganischen Fällungsprodukte an der Zusammensetzung der einzelnen Kalksteine ist, ist im allgemeinen noch nicht sicher bestimmt; es ist aber zu vermuten, daß er bei den meisten Kalken einen sehr wesentlichen Anteil am Aufbau nimmt. Bildungen rein anorganischen Kalkes ohne Beteiligung von Organismen dürften selten sein.

3. Organische Ausfällung von Kalk.

Zahlreiche Lebewesen nehmen aus dem Wasser den gelösten Kalk in sich auf und verwenden ihn zur Bildung von Skeletteilen und Hüllen für ihren Körper. Dahin gehören als für die Bildung von kalkigen Sedimenten besonders wichtg: Schnecken,

[1] G. H. Drew, Carnegie Inst. Washington 1914, Publ. 182, S. 7 bis 45.
[2] K. Kellermann und N. R. Smith, Journ. Washington Acad. Sci. 1914, Bd. 4, S. 400 bis 402.

Muscheln und Korallen, stellenweise auch Röhrenwürmer, dann zahlreiche Algengattungen, nämlich besonders die sogenannten Kalkalgen, ferner die im Plankton des Meeres lebenden zahllosen Mikroorganismen.

Alle diese Lebewesen entziehen dem Wasser ständig einen sehr erheblichen Teil des zugeführten Kalkes; bei ihrem Absterben zersetzen sich nur die organischen Bestandteile und liefern kalkfällendes Ammoniak; das kalkige Gehäuse oder Skelett bleibt zurück.

Viele Schnecken und Muscheln treten in großen Massen auf, und ihre Schalen werden oft in erheblichen Mengen angehäuft, teilweise durch mechanische Vorgänge zertrümmert und bilden dann mit dem anorganisch ausgefällten Kalk (siehe oben) vermengt oft Ablagerungen von größeren Ausmaßen. Sorby[1] hatte angenommen, daß die dichten Kalke wesentlich aus den feinen mechanischen Zerreibungsprodukten tierischer und pflanzlicher Kalkausscheidungen beständen; doch haben die oben mitgeteilten Beobachtungen neuerer Forscher seine Ansicht als unrichtig erwiesen[2].

Vielleicht ebenso häufig wie Schnecken und Muscheln treten wiederum Pflanzen[3] durch ihre Kalkabscheidung gesteinsbildend auf. Insbesondere sind als solche zu nennen viele Arten der meist im Süßwasser lebenden Spaltalgen, die die Fähigkeit haben, Kalk an der Oberfläche und im Innern ihres Lagers anzuhäufen und die meist Krusten, gelegentlich auch Knollen bilden.

Von den höheren Algen sind es namentlich die im Meere lebenden Grünalgen, wie die Aragonit bildende Halimeda, die namentlich am Aufbau von Korallenriffen teilnimmt und Rotalgen, wie Lithothamnium und Lithophyllum, die Kalkspat abscheiden. Lithothamnium überzieht abgestorbene und in Zertrümmerung befindliche Korallenstöcke und Schutt mit einer starken, widerstandsfähigen Kruste und befestigt so die Riffe. Halimeda dagegen zerfällt beim Absterben in ihre einzelnen Glieder und trägt so zur Schutt- und Sandbildung bei.

In den süßen Binnenwässern sind es vorwiegend die Characeen, die Kalk außen und im Innern der älteren Pflanzenteile absetzen und durch ihr massenhaftes Auftreten die wesentlichsten Bildner des Wiesenkalkes (Seekreide) werden.

Geologisch außerordentlich wichtige Gesteinsbildner sind die Korallen, die häufig gemeinsam mit marinen Kalkalgen Kolonien, Kalkriffe, von oft gewaltigen Ausmaßen aufbauen. Die riffbildenden Korallen finden ihre günstigsten Lebensbedingungen in warmem, bewegtem Meerwasser (im allgemeinen nicht unter 20° C) und in geringen Tiefen (bis etwa 50 m). Sinkt das Riff durch tektonische Vorgänge tiefer, so müssen die Tiere absterben, und bei genügend langsamer Senkung veranlassen neue Kolonien ein Wachstum des Riffes nach aufwärts. Bei zu schneller Senkung müssen die Korallen absterben, „ertrinken"; ein Wachstum nach oben kann nicht mehr stattfinden. Die alte, oft angezweifelte Theorie von Ch. Darwin[4] über die Bildung von Saumriffen an geeigneten Küsten und deren Weiterentwicklung zu Wallriffen und zu den ringförmigen Atollen durch allmähliche Senkung des Meeresbodens ist durch die Bohrungen auf dem Atoll Funafuti (Ellice)[5] nördlich der Fitschi-Inseln in allen wesentlichen Punkten bestätigt worden. Interessant ist übrigens die Feststellung, daß auf Funafuti Kalkalgen, besonders Lithothamnium, einen größeren Anteil am Aufbau dieses Atolls nehmen als Korallen.

Die lebenden Korallen scheiden das Calcium zumeist als Aragonit ab, der sich aber später sehr häufig zu Kalkspat umlagert und unter bestimmten Bedingungen in Dolomit übergehen kann.

Die im Plankton der Hochsee lebenden niederen Tiere und Pflanzen sondern größtenteils ein Kalkskelett oder einen Kieselpanzer ab. Den Baustoff dazu entziehen

[1] H. C. Sorby, Quart. Journ. Geol. Soc. 1879, Bd. 35, Proc. S. 56.
[2] W. Salomon, Geol. Rundsch. Bd. 5, 1915, S. 478 bis 480.
[3] J. Pia, Pflanzen als Gesteinsbildner, Berlin 1926, dort zahlreiche Literaturangaben.
[4] Ch. Darwin, Structure and distribution of coral reefs.
[5] The atoll Funafuti, publ. by the Royal Society, London 1904.

sie selbstverständlich dem Meerwasser. Nach ihrem Absterben sinken diese Hartteile allmählich in die Tiefe und häufen sich dort allmählich zu Sedimenten von wechselnder Mächtigkeit an.

Dabei sondern sich unter dem lösenden Einfluß des Meerwassers die einzelnen Gruppen regional ungefähr nach der Löslichkeit des Materials, aus dem die Hartteile aufgebaut sind. Die Pteropodengehäuse nämlich bestehen im wesentlichen aus Aragonit, der ja am leichtesten löslich ist: daher liegt ihr Hauptverbreitungsgebiet in Tiefen von weniger als 1000 bis zu 3000 m. An den Rändern tropischer Festländer und Inseln unterhalb 3000 m finden sie sich im allgemeinen nicht mehr. Ihr Verbreitungsgebiet ist daher verhältnismäßig klein, es umfaßt kaum 1 Mill. qkm. Die Globigerinen dagegen, die ebenso wie die Cocolithophoren (einzellige Algen) Kalkspat ausscheiden, haben ihr Hauptverbreitungsgebiet in Tiefen von 1000 bis über 5000 m hinab. Der helle, oft weißliche Globigerinen-Schlamm hat von allen Tiefseesedimenten mit mehr als 128 Mill. qkm die größte Verbreitung am Meeresboden, eine größere als der Rote Tiefseeton, der etwa 100 Mill. qkm bedeckt. In größeren Tiefen nehmen die Kalkpanzer ab, es finden sich nur noch Kieselskelette, die in den größten Tiefen aber ebenfalls aufgelöst und vom Roten Tiefseeton abgelöst werden, der vorwiegend aus anorganischen Resten besteht. Näher einzugehen auf diese interessanten Bildungen, ist im Rahmen dieses Aufsatzes nicht möglich. Wir verweisen auf die sehr vollständige Zusammenstellung in Andrée, Geologie des Meeresbodens, Bd. 2, 1926.

Selbstverständlich treten diese Tiefseesedimente niemals völlig rein auf. Sie sind, soweit sie in der Nähe der Festländer sedimentiert werden, stets vermischt mit größeren, natürlich wechselnden Mengen von Flußschlamm, und selbst auf der Hochsee ist durch die Meeresströmungen für die feine tonige Flußtrübe ausreichend Gelegenheit zu außerordentlich weiter Wanderung vor dem Absatz. Auch Flugstaub kann die Hochsee erreichen und dort langsam zu Boden sinken. Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß dort, wo die Kalkschalen der Pteropoden und Globigerinen den Meeresboden erreichen können, das darüberliegende Wasser mit Kalk gesättigt sein muß, denn sonst würden sich ja die Schalen bei der unendlich langsamen Sedimentation unterwegs auflösen müssen. Es ist daher selbstverständlich, daß auch die in den oberen Meeresschichten anorganisch abgeschiedenen Kalkmengen sich mit den Planktonschalen vermengen. In der Mehrzahl der Fälle bildet der anorganische Kalkschlamm auch in den kalkigen Tiefseesedimenten den Hauptanteil, demgegenüber die organischen Reste erheblich zurücktreten.

Soweit unsere neusten Kenntnisse reichen, ist überhaupt die rein organische Kalkbildung gegenüber der anorganischen mit und ohne Mitwirkung von Lebewesen der Menge der Sedimentbildung nach weit unterlegen.

Die katalytische Wirkung des Platins und das chemische Massenwirkungsgesetz[1].

Von **Dr. Bernhard Batscha** in Olmütz.

Es soll gezeigt werden, daß die katalytische Wirkung des Platins auch zur Veranschaulichung des chemischen Gleichgewichtes dienen kann. Da die Bildung des Wassers aus den Elementen, bzw. dessen Dissoziation eine günstige Gelegenheit zur Besprechung des chemischen Gleichgewichtes im Unterrichte bietet und die katalytische Wirkung des Platins gerade bei diesem Vorgange eine Nutzanwendung gestattet, wird das Gleichgewicht der Dissoziation des Wassers zur Grundlage der folgenden Betrachtung genommen.

Der Prozeß der Bildung des Wassers aus Wasserstoff und Sauerstoff scheint nur nach einer Richtung zu verlaufen, gleichviel ob er in oder ohne Anwesenheit eines

[1] Siehe diese Zeitschrift, 40, 258; 1927.

Katalysators erfolgt. Durch einfache Folgerung aber aus der Kinetik chemischer Vorgänge, die vor allem — gleiche Temperatur vorausgesetzt — von der Konzentration der wirksamen Stoffe oder von der „aktiven Masse" beeinflußt wird, muß angenommen werden, daß jeder chemische Prozeß zufolge der stetig wachsenden Konzentration der neugebildeten Stoffe eine Tendenz zur Umkehrung erfährt, wodurch sich bekanntlich ein Gleichgewichtszustand einstellt. Dieser Fall tritt selbstverständlich auch bei der Bildung des Wassers aus Knallgas ein, doch entzieht er sich unserer Beobachtung, weil die Menge des zurückgebildeten Knallgases so gering ist, daß sie unter der Grenze der Nachweisbarkeit liegt. Gleichwohl aber ist es unter Einhaltung entsprechender äußerer Bedingungen möglich, das Gleichgewicht zwischen Wasserdampf und Knallgas zur sinnfälligen Anschauung zu bringen. Diese Bedingungen ergeben sich aus der Gleichgewichtsformel, die nach dem Massenwirkungsgesetz lautet: $\frac{H_2^2 \cdot O_2^1}{H_2O^2} = K$ (K = Gleichgewichtskonstante), wobei K nur für die nämliche Temperatur einen konstanten Wert hat. Durch Erhöhung der Temperatur verschiebt sich das Gleichgewicht im Sinne der Knallgasbildung. Selbstverständlich wird auch, wie die Formel auf den ersten Blick lehrt, durch Vermehrung des Wasserdampfes die Menge des Knallgases vergrößert, das mit jenem im Gleichgewichte steht. Die günstigen Bedingungen für die Dissoziation des Wassers sind demnach: entsprechende Menge von Wasserdampf und genügend hohe Temperatur.

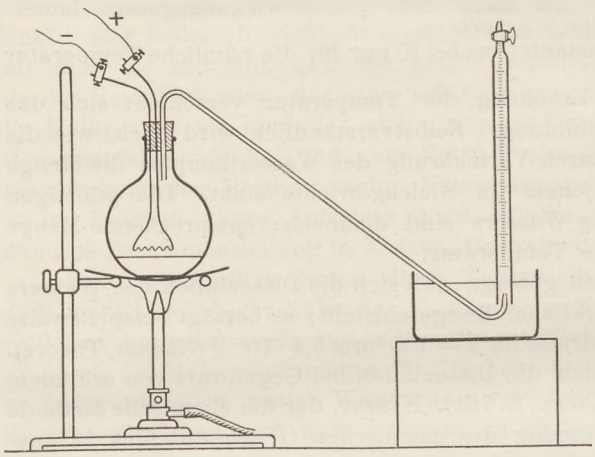
Einschlägige Versuche aber haben gezeigt, daß sich die Dissoziation des Wassers erst bei sehr hoher Temperatur in merklicher Menge einstellt; es beträgt beispielsweise der Dissoziationsgrad bei Atmosphärendruck für $T = 700^0$ erst $5{,}4 \cdot 10^{-11}$ (Nernst, Theoret. Ch. 1926, S. 763). Daher empfiehlt es sich, die Dissoziation bei Gegenwart von erhitztem Platin auszuführen (Nernst, Theoret. Chem., S. 761). Nernst, der die chemische Methode des erhitzten Katalysators zur Bestimmung des chemischen Gleichgewichtes in gasförmigen Systemen einführte, sagt darüber folgendes (l. c.): „Diese Methode nimmt eine überaus einfache Form an, wenn man den Katalysator, z. B. einen Platindraht elektrisch erhitzt. In einer Atmosphäre von Wasserdampf stellt sich dann nach kurzer Zeit diejenige Knallgaskonzentration ein, welche der Temperatur des glühenden Drahtes entspricht, welche am einfachsten aus dem galvanischen Widerstande des Drahtes ermittelt wird".

Es bleibt nur noch die Frage offen, wieso die Dissoziation des Wassers durch die katalytische Wirkung des Platins begünstigt wird. Die Antwort darauf könnte vielleicht durch folgende Überlegung gefunden werden: Es liegt im Wesen der Katalyse, die Reaktionsgeschwindigkeit, nicht aber die Gleichgewichtsbedingungen zu ändern; wenn daher die Reaktionsgeschwindigkeit eines Vorganges beschleunigt wird, so muß auch die des gerade entgegengesetzten Vorganges beschleunigt werden. Die katalytische Wirkung des Platins kommt daher nicht allein bei der Bildung des Wassers aus den Elementen, sondern auch bei der Dissoziation desselben zur Geltung.

Wie schon in der früheren Mitteilung auseinandergesetzt wurde, wird in einem Systeme, in dem die Konzentration der wirksamen Stoffe als konstant angesehen werden kann — dies ist z. B. im ausströmenden Leuchtgase der Fall —, die Reaktionsgeschwindigkeit nur durch die Temperaturerhöhung beeinflußt, die an der Oberfläche des Platins infolge des beschleunigten Oxydationsvorganges ensteht und die sich bis zum Eintritte des „thermischen Gleichgewichtes" stetig steigert. Ähnlich scheinen die Verhältnisse zu liegen, wenn man über einen glühenden Platindraht Wasserdampf (in gleichmäßigem Strome) streichen läßt. Denn auch hier kann die „aktive Masse" als konstant angesehen werden, und ebenso kann angenommen werden, daß eine stetige Temperaturerhöhung des glühenden Platindrahtes bis zur Erreichung des thermischen Gleichgewichtes erfolgt, da sich doch an seiner Oberfläche der Vorgang abspielt: $2H_2 + O_2 = 2H_2O$. Durch die Temperaturerhöhung wird aber das Gleichgewicht zugunsten der Bildung von Knallgas verschoben.

Der bekannte einfache Versuch zur Vorführung der Dissoziation des Wassers ist, soweit es der Verfasser feststellen konnte, in einigen Lehrbüchern für den Chemie-Unterricht an Mittelschulen (höheren Schulen) beschrieben, doch fehlt in dieser Beschreibung der Hinweis auf die spezifisch katalytische Wirkung des Platindrahtes oder auf die Möglichkeit, den Versuch auch zur Veranschaulichung des chemischen Gleichgewichtes zu verwenden.

Wie aus der Figur ersichtlich ist, befinden sich im Korkstopfen zwei Kupferdrähte, an denen ein spiralförmiger, dünner Platindraht befestigt ist. Aus der Röhre, in welcher unter Wasser das Knallgas aufgefangen werden kann, wird dieses in eine Seifenlösung gedrückt und zur Entzündung gebracht. Die Nutzanwendung des Versuches kann eine dreifache sein. Zunächst kann gezeigt werden, daß der Wasserdampf bei der Berührung mit dem glühenden Platin in Wasserstoff und Sauerstoff dissoziiert. Selbstverständlich muß zuerst die Luft aus dem Apparate durch den Wasserdampf verdrängt und dann das Platin durch den elektrischen Strom ins Glühen versetzt werden.



Das Bestehen eines Gleichgewichtszustandes zwischen Wasserdampf und Knallgas läßt sich auf folgende einfache Weise veranschaulichen: Das Wasser wird im mäßigen und gleichmäßigen Sieden erhalten, und die Menge des entwickelten Knallgases wird in gleichen Zeitintervallen (etwa 2 bis 3 Minuten) am graduierten Rohre abgelesen oder durch einen Papierstreifen sichtbar gemacht. Man erhält bei gleichmäßiger Dampfströmung gleichbleibende Mengen Knallgas. Schließlich kann auch der Einfluß der Temperatur auf das chemischen Gleichgewicht gezeigt werden. Wird nämlich das Glühen des Platindrahtes durch den elektrischen Strom verstärkt, so merkt man bald, wenn man das abströmende Knallgas wieder in gleichen Zeitabständen wie früher auffängt, daß sich wieder ein chemisches Gleichgewicht einstellt, daß sich aber der neue Gleichgewichtszustand von dem früheren durch eine wesentlich stärkere Knallgasbildung unterscheidet.

Der eben beschriebene Versuch ist natürlich auch noch in anderer Hinsicht lehrreich und kann daher die Grundlage zur Besprechung einer oder der anderen wichtigen Tatsache im Unterrichte bilden. Um eine Tatsache hervorzuheben: Es fällt die Verschiedenheit der Versuchsanordnung auf, die einerseits zur Bildung des Wassers aus den Elementen, andererseits zu seiner Dissoziation angewendet wird, trotzdem in beiden Fällen die katalytische Wirkung des Platins zur Geltung kommt. Bei der Synthese des Wassers genügt das Eintauchen des Platinschwammes ins Knallgas bei gewöhnlicher Temperatur, bei der Dissoziation des Wasserdampfes aber ist starkes Glühen des Platindrahtes, also Zuführung einer bedeutenden Wärmemenge von außen nötig. Damit ist die Gelegenheit zur Besprechung exothermisch und endothermisch verlaufender Prozesse gegeben.

Zum Schlusse sei noch bemerkt, daß die ziemlich eingehende Behandlung der katalytischen Wirkung des Platins, die derselben in beiden Aufsätzen zuteil wurde, vor allem den Zweck hatte, den Nachweis zu erbringen, daß die katalytischen Erscheinungen einerseits zum Verständnis des Massenwirkungsgesetzes im Unterrichte beitragen, daß aber andererseits die Erklärung mancher auffälligen Tatsache gerade an der Hand dieses Naturgesetzes möglich ist. Dieses Bestreben hat das Ausmaß und die Methode in der Behandlung des Stoffes bestimmt.

Kleine Mitteilungen.

Hydrodynamisches vom Raketenantrieb.

Von Prof. Dr. Ing. H. Bock in Hamburg.

Unter gewissen Voraussetzungen sind die Vorgänge beim Raketenantrieb einer Übersichtsrechnung auf strenger hydrodynamischer Grundlage zugänglich, die geeignet sein dürfte, die Grenzen der Möglichkeit zu beleuchten.

Stellen wir uns die Rakete nach Fig. 1 als ein geschlossenes Gefäß vor, das rechts eine Öffnung von f m² Querschnitt habe, aus der Gas im Betrage von m Masseneinheiten je Sekunde (1 Masseneinheit ist im technischen Maßsystem gleich 9,81 ≈ 10 kg) vom spezifischen Gewicht γ kg/m³ mit einer Relativgeschwindigkeit von v m/sek gegenüber der Behälteröffnung ausströme. Da es sich um eine sehr bedeutende Geschwindigkeit handelt, welche die des Schalles bei weitem übertrifft, so muß die Düse in bekannter Weise trichterförmig erweitert sein, weil der Strahl sonst außerhalb des Gefäßes weiter expandieren würde. Bei richtiger Wahl der einzelnen Maße läßt sich erreichen, daß der Überdruck des austretenden Gasstrahles gleich Null ist; wir wollen voraussetzen, daß dieser Fall hinreichend genau verwirklicht sei. Die durch die Ausströmung hervorgerufene Schubkraft möge K kg und die Fortbewegungsgeschwindigkeit des Gefährts V m/sek sein. Die Vorgänge sollen als im Beharrungszustande befindlich vorgestellt werden, oder anders ausgedrückt: V, v und K sollen unveränderliche Größen sein, wie es für längere Flugdauer selbstverständlich ist.

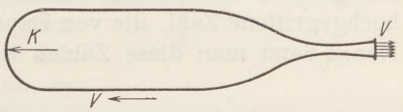


Fig. 1.

Da die nach links als positiv angesehene absolute Geschwindigkeit der Ladung vor der Entzündung V und nach der Verbrennung und Ausströmung kurz hinter der Düse $V - v$ ist, so beträgt der Vortrieb nach dem Satz vom Impulsstrom:

$$K = m\,[V - (V - v)] = m \cdot v \text{ kg} \tag{1}$$

Verloren ist diejenige kinetische Energie, die der Gasstrahl nach Verlassen der Mündung relativ zur Erde besitzt, sowie der ihm noch innewohnende Wärmeinhalt. Wir wollen nun außergewöhnlich günstig rechnen und diese ausgepufften Wärmeeinheiten vernachlässigen, wollen also annehmen, das Gas habe sich bei der Expansion in der Düse bereits auf die Außentemperatur abgekühlt, und sein ganzer Energieinhalt sei in die kinetische Form übergegangen. Dann beziffert sich der Verlust, von der Düsenreibung abgesehen, auf:

$$\text{Verl} = \frac{m}{2}(V - v)^2 \text{ mkg/sek}, \tag{2}$$

weil der Strahl hinter der Mündung die Absolutgeschwindigkeit $V - v$ besitzt.

Die Vortriebsarbeit wird von der der Ladung innewohnenden nutzbaren chemischen Energie geleistet, die sich auf $c\ m$ kg je Masseneinheit belaufen möge. Somit kommt folgende Energiebilanz zustande:

$$c \cdot m + \frac{m}{2} V^2 = K \cdot V + \text{Verl.} \tag{3}$$

Links steht die chemische und die kinetische Energie des noch im Gefäß steckenden Treibmittels, und rechts die Vortriebsarbeit und der Verlust.

Schließlich kann man den Wirkungsgrad des Prozesses so definieren:

$$\eta = \frac{K \cdot V}{K \cdot V + \text{Verl.}} \tag{4}$$

Der Zähler enthält die nutzbare Vortriebsleistung und der Nenner die je Sekunde aufgewandte Gesamtenergie.

Die Gleichungen (1) bis (3) gestatten die Bestimmung der drei unbekannten Größen m, v und Verl, wofern die Schubkraft K und die Reisegeschwindigkeit V gegeben sind. Man erkennt also schon, daß der Konstrukteur nicht viel freie Wahl hat, und daß die Verhältnisse durch die mechanischen Beziehungen zwangläufig gegeben sind. Fügt man schließlich die leicht verständliche Beziehung

$$m = f \cdot v \cdot \frac{\gamma}{g} \frac{\text{kg} \cdot \text{sek}}{\text{m}} \tag{5}$$

hinzu, so läßt sich auch der Ausströmquerschnitt f abschätzen.

Ein Zahlenbeispiel soll die Verhältnisse klarstellen: Verlangt werde die verhältnismäßig bescheidene Triebkraft 200 kg bei einer Fahrgeschwindigkeit von 60 m/sek. Das sind geringe Ansprüche für den Betrieb eines Flugzeuges. Das spezifische Gewicht der austretenden Gase sei 1,5 kg/m³, und die nutzbare innere Energie des Treibstoffes belaufe sich auf $3 \cdot 10^7$ mkg je Masseneinheit. Das ist eine hochgegriffene Zahl, die von Explosivstoffen nicht erreicht wird, höchstens von Treibölen. Setzt man diese Zahlen in die aus (1) bis (3) sich ergebende Gleichung

$$m = \frac{K}{\sqrt{2c}} \tag{6}$$

ein, so folgt die erforderliche Treibstoffmasse:

$m = 0{,}0258$ Masseneinheiten, gleich 258 Gramm je Sekunde.

Formel (1) aber liefert die benötigte Antriebsgeschwindigkeit aus der Düse:

$$v = \sqrt{2 \cdot c} = 7750 \text{ m/sek}. \tag{7}$$

Der Wirkungsgrad des Raketenantriebes beläuft sich trotz der Vernachlässigung der Wärme- und sonstigen Verluste nach kurzer Umrechnung auf:

$$\eta = \frac{2V\sqrt{2c}}{V^2 + 2c},$$

wofür man angesichts der Größe von c einfacher setzt:

$$\eta \approx \frac{V}{\sqrt{\frac{c}{2}}} \approx 1{,}5 \text{ v. H.} \tag{8}$$

Der Austrittsquerschnitt aber ergibt sich aus (5) zu:

$$f = 10^4 \cdot \frac{K \cdot g}{2c \cdot \gamma} = 0{,}222 \text{ cm}^2. \tag{9}$$

Das Bedenklichste ist der erbärmliche Wirkungsgrad, der sich offenbar nur durch Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit V oder durch Verwendung eines weniger kräftigen Treibmittels verbessern ließe. Dies würde auch die Ausflußgeschwindigkeit verringern, dafür aber die pro Sekunde nötige Masse wieder heraufsetzen, die sich schon in unserem Falle zu fast einer Tonne je Stunde summiert. Fig. 2 zeigt den Verlauf der Größen v, m, f und η über der inneren Energie c als Abszisse in Form von Schaulinien. Zugrunde gelegt sind die oben genannten Zahlenwerte.

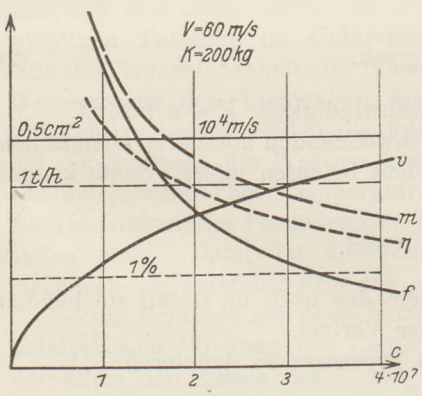


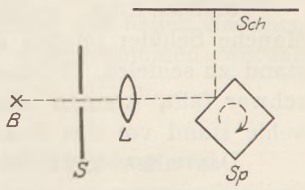
Fig. 2.

Soll das Raketenflugzeug also einen größeren Aktionsradius erhalten, so wird es mit der beschriebenen einfachen Anordnung keinesfalls sein Bewenden haben können. Die Zukunft wird lehren müssen, ob es Wege gibt, die die Rückstoßrakete dem Benzinmotor mit Schraube gegenüber wettbewerbsfähig machen können.

Versuch zum freien Fall.

Von **E. Riese** in Schopfheim (Baden).

Zur Behandlung des Fallgesetzes $s = \frac{1}{2} g t^2$ gehört auch seine graphische Darstellung, die den im ersten Quadranten verlaufenden Ast einer nach oben geöffneten Parabel liefert. Dies läßt sich auf folgende Weise experimentell verwirklichen: Ein vor einem schmalen, senkrechten Spalt S (vgl. Figur) frei herabfallender Wassertropfen wird durch eine Lichtquelle B (etwa Gleichstrombogenlampe) beleuchtet. Man entwirft von dem Spalt (und damit von dem Tropfen) mittels einer guten Linse L auf einem gegenüber gehaltenen Schirm ein scharfes Bild, lenkt dieses aber durch einen in den Strahlengang gestellten, um eine senkrechte Achse drehbaren Spiegel Sp auf einen breiten Schirm Sch, der mit seiner Ebene parallel zur optischen Achse der Linse und senkrecht zur Tischplatte aufgestellt ist. Die Erzeugung der Tropfen erfolgt etwa durch einen Heber mit Quetschhahn zur Regulierung der Tropfgeschwindigkeit und mit ausgezogener Spitze, die in Höhe des oberen Spaltrandes angebracht wird. Sobald sich der Spiegel in Drehung befindet, und die Tropfgeschwindigkeit entsprechend eingestellt ist, erscheint im verdunkelten Raum der erwähnte Parabelast auf dem Schirm. Bei geeigneter Drehgeschwindigkeit des rotierenden Spiegels kann man ein feststehendes Bild der Kurve erhalten und so der mathematischen Betrachtung die zugehörige physikalische Erscheinung zur Seite stellen.



Eine entsprechende Vorrichtung müßte aus den Größenverhältnissen der Kurve und aus der Rotationsgeschwindigkeit des Spiegels die Größe der Fallbeschleunigung in roher Annäherung ermitteln lassen.

Schülerübungen mit der Lupe in gleicher Front.

Von **E. Maey** in Bonn.

Bei der Fülle des physikalischen Unterrichtsstoffes pflegt die Lupe nur sehr kurz behandelt zu werden. Da ist es kein Wunder, daß viele, selbst wenn sie eine höhere Schule besucht haben, eine Lupe nicht richtig zu gebrauchen verstehen. Diesem Mißstand kann nur dadurch entgegengearbeitet werden, daß die Schüler in Frontübungen zum richtigen Gebrauch der Lupe angehalten werden. Schon auf den unteren Klassen im biologischen Unterricht kann und muß dieses geschehen. Nun finden bei demselben Lupen schon seit langem Verwendung, und die Schüler wurden angehalten, solche sich anzuschaffen. Seit dem Kriege ist das wohl wieder unterblieben. Wenn aber die Schüler auch eigene Lupen haben, so sind diese von so verschiedener Güte und Beschaffenheit, daß es dem Lehrer kaum möglich ist zu beurteilen, inwieweit mangelhafte Beobachtungen auf Fehler der Schüler oder geringe Leistung der Lupe zurückzuführen sind. Diese Schwierigkeit kann nur dadurch beseitigt werden, daß die Schule selbst eine genügende Anzahl Lupen, am besten eine für jeden Schüler oder wenigstens für je zwei Schüler, von gleicher Güte anschafft. Dann kann der Lehrer schnell überblicken, ob alle Schüler die Lupe richtig halten und benutzen. Freilich verursacht eine solche Anschaffung von 25 bis 50 Lupen eine erhebliche Ausgabe[1]. Dieser steht aber eine sehr ausgedehnte Verwendung gegenüber, die jene durchaus lohnend macht.

Schon auf den unteren Klassen (V und IV) sind die Lupen im biologischen Unterricht sehr häufig zu gebrauchen, und es empfiehlt sich, hier schon eine Stunde

[1] Seit Jahren erhält man schon gute Schullupen für etwa 4 Mk. Neuerdings werden brauchbare Stiellupen von der Firma Heinrich Oehler, Wetzlar, schon für 2,40 Mk. (8fach) und für 2,20 Mk. (10fach) angeboten.

besonders darauf zu verwenden, daß die Schüler sie richtig handhaben lernen. Es seien daher die wichtigsten Vorschriften genannt, die die Schüler zu beachten haben, da sie gegen diese häufig verstoßen.

1. Die Lupe ist so nahe wie möglich ans Auge zu halten wie ein Brillenglas. Bei größerer Entfernung wird der Durchmesser des Gesichtsfeldes und die Vergrößerung unnütz verkleinert. Die Einstellung auf den Gegenstand ist auszuführen, indem man diesen an die Lupe heranführt oder Lupe und Auge zugleich diesem nähert.

2. Das Auge, welches nicht durch die Lupe sieht, ist auch offen zu halten, da ein Zukneifen bei längerem Mikroskopieren das Auge schädigt.

3. Das Auge, welches nicht durch die Lupe sieht, ist geradeaus zu richten. Manche Schüler pflegen auch mit diesem Auge nach dem zu beobachtenden Gegenstand zu schielen. Schüler, denen die Ausführung der Vorschriften 2. und 3. anfangs schwer fällt, können allmählich sich daran gewöhnen, indem sie zuerst die linke hohle Hand vor das linke offene Auge halten.

Das alles kann im Klassenzimmer in gleicher Front eingeübt werden. Als Objekt benutzt man dabei am besten einen Grashalm, da dieser bei wagerechter Sicht Lupe und Augen der Schüler nicht verdeckt, so daß der Lehrer imstande ist, die Haltung der Lupe, die Stellung der Augen und den Abstand des Gegenstandes in schnellem Überblick bei allen Schülern zu prüfen. Selbstverständlich findet sich immer eine Anzahl Schüler, die besonders ungeschickt sind. Sie sind der beste Beleg dafür, wie sehr eine gründliche Unterweisung in allen Einzelheiten nötig ist.

Auf den mittleren und oberen Klassen bietet dann der Physikunterricht Gelegenheit, auf Theorie und Praxis der Lupe näher einzugehen und diese mit einigen Übungen zu verknüpfen, die wohl sämtlich auf den Schulbänken des Lehrzimmers ausgeführt werden können.

1. Messung der Brennweite einer Lupe durch Abbildung eines weit entfernten hellen Gegenstandes (Fenster in 2 m Entfernung mindestens).

2. Messung und Berechnung der Brennweite nach dem von J. Wiesent in dieser Zeitschrift angegebenen Verfahren[1].

3. Berechnung der Vergrößerung V einer Lupe nach der Formel

$$V = 1 + \frac{\text{deutliche Sehweite}}{\text{Brennweite}}.$$

4. Die unmittelbare Beobachtung der Vergrößerung. Das rechte Auge beobachtet durch die Lupe einen Streifen mm-Papier, während das linke Auge auf einen cm-Maßstab in deutlicher Sehweite darunter blickt, so daß beide Bilder nebeneinander zu liegen kommen und etwa 1 cm des mm-Papiers über eine Anzahl cm des Maßstabes sich erstreckt. Hierzu ist ein Ständer mit Halter in 25 cm Höhe über der Tischplatte erwünscht. Sind solche nicht in genügender Zahl vorhanden, so kann dieser auch durch Halten mit der Hand ersetzt werden, während ein zweiter Schüler den Abstand des Auges vom Tische mißt.

Soweit diese Übungen und Berechnungen nicht auf den mittleren Klassen ausgeführt sind, ist es durchaus angebracht, sie auf den oberen Klassen nachzuholen.

Auf der Oberstufe finden die Lupen weitere Verwendung bei der Beobachtung der Interferenzstreifen am Fresnelschen Spiegel und der Fresnelschen Beugungserscheinungen. Wie diese sehr leicht in gleicher Front in der Klasse behandelt werden können, habe ich schon früher ausgeführt[2]. Zu ihrer vollständigen Durchführung ist aber eine gute Lupe in der Hand jedes Schülers erforderlich. Kann man im biologischen Unterricht auch den Ausweg wählen, daß jeder Schüler seine eigene Lupe mitbringt, so führt dieses im Physikunterricht zu allerlei Mißerfolgen. Der Lehrer muß die Leistungsfähigkeit der benutzten Lupen kennen, sonst kann er die Ergebnisse der Schüler nicht beurteilen. Ferner lassen sich die Interferenzstreifen

[1] Diese Zeitschrift 38. Jahrg. 1925, S. 137. [2] Diese Zeitschrift 26. Jahrg. 1913, S. 137.

mit minderwertigen Lupen überhaupt nicht beobachten. Die Vergrößerung muß mindestens 6fach sein. Auch muß der Schliff der Lupen äußerst sauber sein, da sonst ihre Oberfläche Trübungen des Gesichtsfeldes erzeugt, die man bei einfachen biologischen Beobachtungen gar nicht bemerkt, die aber bei der Beobachtung der Interferenzerscheinungen sich zeigen und diese ganz verdecken können. Um den Schliff zu prüfen, blicke man im verdunkelten Zimmer durch die dicht vor das Auge gehaltene Lupe nach einer in einigen Metern Entfernung aufgestellten, nur wenige Millimeter breiten Lichtquelle; dann muß das Gesichtsfeld gleichmäßig hell und frei von Trübungen erscheinen. Ist aber der Schliff flüchtig vom groben Korn zur Politur übergegangen, so bewirken alle überpolierten Furchen eine feine Marmorierung des hellen Gesichtsfeldes, in der die ebenso feinen Interferenzstreifen nicht wahrgenommen werden können.

Eine Anordnung für den Bildwurf beim Universalelektroskop und ähnlichen Geräten.

Von **Theodor Wulf** in Valkenburg.

Zur Sichtbarmachung der Bändchenstellung am Universalelektroskop wurde bisher vor allem durchfallendes Licht verwendet. Die Einrichtung ist in dem kürzlich erschienenen Büchlein des Verfassers, „Elektrostatische Versuche mit Anwendung des Universalelektroskops", Dümmlers Verlag 1928, S. 8 beschrieben. Sie ist wohl geeignet in Sälen, die mehr tief als breit sind. Gelegentliche Vorführungen in breiter angelegten Räumen ergaben aber, daß die Zuschauer in den ersten Sitzreihen auf den weit rechts und links gelegenen Plätzen dann nur mangelhaft sehen können. Man wird in solchen Räumen zweckmäßiger auffallendes Licht benutzen, wobei kaum etwas anderes übrig bleibt, als das Bild auf eine der Seitenwände zu werfen. Diese Anordnung bringt es aber mit sich, daß die Blickrichtung auf das Bild an der Seitenwand sehr weit abweicht von dem Blick auf die Vorgänge am Gerät selber. Und da beim Universalelektroskop mit seiner schnellen Einstellung beide Vorgänge ungefähr gleichzeitig erfolgen, so können die Zuschauer, wenn sie das Bild an der Wand betrachten, nicht verfolgen, was der Vortragende am Elektroskop tut und umgekehrt. Die im folgenden beschriebene Anordnung bezweckt daher, das Bild des Bändchens in derselben Blickrichtung für die Zuschauer zu zeigen, in der sie auch die ganze aufgebaute Versuchsanordnung sehen. Da die Vorrichtung wohl auch für andere ähnliche Aufgaben brauchbar sein dürfte, so sei sie hier kurz beschrieben.

Man stellt das Elektroskop etwa in der Mitte des Tisches auf und läßt das Licht der Bildwurflampe auf die Zuschauer zugehen. In einer Entfernung von 1 bis 2 m vom Gerät wird ein Streifen von einem gewöhnlichen, aber guten Spiegel angebracht, 3 bis 4 cm breit und 15 bis 20 cm lang. Dieser Spiegel wirft ein Lichtband zurück in die Nähe des Elektroskops selbst, je nach Neigung und Richtung etwas oberhalb und rechts oder links seitwärts, und trifft dort auf einen weißen Schirm oder eine Skala, auf der man von allen Plätzen her die Bewegung des Bändchens sehen kann, ohne dabei das Gerät selbst aus dem Auge lassen zu müssen. Man kann auch einfach die Wand hinter dem Vortragenden benutzen, um dort etwas oberhalb den Schirm anzubringen. Damit aber dann der Lehrer sich nicht immer umzudrehen braucht, um selber die Bewegung des Bändchens zu verfolgen, wird ober- oder unterhalb des Spiegelstreifens noch ein ähnliches Streifchen von einem undurchlässigen weißen Papier angebracht, am besten mit einer einfachen Skala von etwa 5 mm Strichabstand. Das Bild ist zwar grundsätzlich nicht zugleich auf beiden Schirmen scharf eingestellt, aber wenn man auf den Schirm für die Zuschauer scharf einstellt, so ist die Schärfe der Einstellung auch auf dem Streifen vollkommen genügend. Dort hat daher der Vortragende jederzeit ein Bild der Bändchenstellung unmittelbar vor sich und sieht alles, was die Zuschauer an der Wand erblicken.

Damit die Schüler nicht durch Nebenlicht von der Lampe geblendet werden, ist es notwendig, das Spiegelstreifchen auf eine größere Blende zu befestigen. Eine einfache Scheibe aus Blech oder Holz oder auch Pappdeckel ist dazu gut geeignet. Statt schwarzer Farbe kann man oft viel sauberer aufgeklebtes schwarzes Papier (vom Photographen) verwenden. Eine Skala kann man sich leicht herstellen, wenn man Streifen von schwarzem Papier, in den üblichen Sälen mittlerer Größe etwa 5 mm breit auf einen Streifen guten weißen Zeichenpapiers, etwa 12 × 60 cm aufklebt; die Lage wird vorher durch feine Bleistiftstriche angezeichnet, 10 Zwischenräume von je 4 cm Breite genügen dann. Die Streifen Nr. 0, 5, 10 sind etwa 8 cm lang, die übrigen 5 cm. Ziffern braucht man dann überhaupt nicht auf der Skala. In besonders großen Hörsälen mag man alle Maßangaben verdoppeln oder verdreifachen. Behelfsmäßige Vorrichtungen kann man sich leicht in der Bastelstube anfertigen lassen; für dauernde Einrichtungen liefert die Firma E. Leybolds Nachf. Köln das ganze Gerät mit breiter Blende in Höhe und Neigung verstellbar auf einem festen Dreifuß. In die Blende kann man nach Belieben die durchscheinende Skala einstecken zur Beobachtung mit durchfallendem Licht, oder den Spiegelstreifen zum Zurückwerfen des Lichtes, wie eben beschrieben.

Eine Schülerübung über elektrische Niveaulinien.

Von **Dr. K. Schütt** in Hamburg (Oberrealschule in St. Georg).

Während es sehr einfach ist, mittels Eisenfeile die magnetischen Kraftlinien sichtbar zu machen, ist eine gute Demonstration der elektrischen wesentlich schwieriger. Im folgenden wird eine Schülerübung beschrieben, die gestattet, mittels Kopffernhörer die Lage der elektrischen Äquipotential- (Niveau-) Linien in der Umgebung zweier in Leitungswasser eingetauchten Elektroden recht genau zu ermitteln und in einer Zeichnung wiederzugeben.

1. In Fig. 1 seien A und B zwei Metalldrähte, die als Elektroden von oben in eine größere in der Papierebene liegende Wasserfläche von geringer Tiefe eintauchen. Ist A mit dem positiven, B mit dem an Erde gelegten negativen Pol einer Stromquelle verbunden, dann fließt durch das Leitungswasser ein Strom von A nach B, und zwar findet die Strömung längs ganz bestimmter Linien statt, von denen drei zwischen A und B in der Figur gezeichnet sind; es sind die Bahnen der von A nach B wandernden Kationen. Längs jeder Stromlinie nimmt das Potential von 10 Volt bei A auf 0 bei B ab. Die Kurven a, b und c, die jeweils senkrecht zu den Kurven 1, 2 und 3 stehen, stellen die Äquipotential- oder Niveaulinien dar, d. h. alle Punkte auf einer dieser Kurven haben das gleiche Potential, bzw. die gleiche Potentialdifferenz gegenüber Punkten einer zweiten Niveaulinie. Senkt man mithin bei a und b je eine Sonde in die Flüssigkeit und verbindet diese mit den Klemmen eines Galvanometers, dann macht dieses einen Ausschlag, da die zwischen a und b bestehende Spannung von einigen Volt einen Strom durch das Instrument treibt. Liegen dagegen die beiden Sonden auf der gleichen Niveaulinie $a\,a$ oder $b\,b$, dann spricht das Galvanometer nicht an.

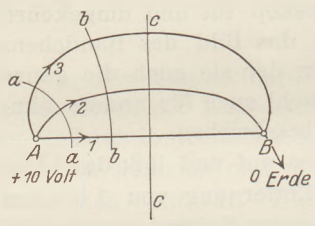


Fig. 1.

Ein mechanisches Bild dieser Strömungsverhältnisse bietet eine größere Wasserfläche, der durch ein Rohr bei A Wasser zugeführt wird, während bei B ein Abflußrohr vorhanden ist. — An diesen Betrachtungen ändert sich nichts Wesentliches, wenn man an A und B statt Gleich- eine Wechselspannung anlegt. Zur Feststellung, ob die beiden Sonden auf verschiedenen Niveaulinien liegen, wird man sich jetzt eines Fernhörers bedienen. Die Anwendung dieser Methode hat im Kriege zur Nachrichtenübermittlung auf kürzere Entfernungen eine Rolle gespielt. Den beiden

Elektroden A und B, die an den Enden der hinreichend langen Standlinie AB in die Erde eingegraben sind, wird aus einem Induktorium Wechelstrom eingeführt, der durch eine geeignete Tastvorrichtung geschlossen und geöffnet werden kann, so daß man die Morsezeichen senden kann. Sie werden durch die bei a und b in die Erde eingelassenen und an einen Fernhörer (eventuell mit Lautverstärker) angeschlossenen Elektroden aufgenommen (Erdtelegraphie). Daß man umgekehrt die Vorrichtung auch benutzen kann, um den Erdboden auf seine Leitfähigkeit zu untersuchen, aus der sich unter Umständen Schlüsse auf seinen Gehalt an Erzen ziehen lassen, sei hier nur erwähnt. Näheres über diese Fragen findet sich im Aufsatz von COURANT (Göttingen) in den Naturwissenschaften 1925, S. 546.

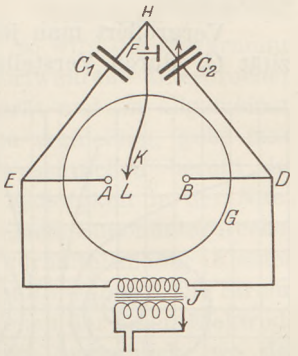


Fig. 2.

2. Zur Ermittlung der Niveaulinien hat sich die in Fig. 2 dargestellte Brückenschaltung als praktisch erwiesen. Die flache Glasschale G von etwa 20 cm Durchmesser ist bis zu 1 cm Höhe mit Leitungswasser gefüllt. Die durch das kleine, durch einen Bleisammler betriebene Induktorium J erzeugte Wechselspannung wird über E und D den beiden Kupferdrähten A und B zugeführt, die 5 cm voneinander entfernt von oben in das Wasser hineinragen. Die beiden Elektroden A und B sind, wie Fig. 3 zeigt, verschiebbar auf einem Holzbalken NN (in Paraffin ausgekocht) von quadratischem Querschnitt angebracht. Zu dem Zweck ist ein gehämmertes Messingblech M (Fig. 4) so gebogen, daß es sich mit Reibung auf dem Balken N verschieben läßt; unten ist der Kupferdraht A von 2 mm Dicke, oben die Doppelklemme E an das Blech gelötet. Damit die Holzbrücke NN sich nicht verschiebt, trägt sie, wie Fig. 5 von oben gesehen zeigt, auf der einen Seite den Holzklotz R; dieser wird durch das auf der anderen Seite angebrachte federnde Blech OO fest gegen die innere Wandung der Glasschale G gedrückt. Als weiterer Weg steht dem Wechselstrom die Leitung (Fig. 2) E über H nach D zur Verfügung, in welcher der Blockkondensator C_1 von 500 oder 1000 cm und der Drehkondensator C_2 von 1000 cm Kapazität liegen. Man erkennt die WHEATSTONEsche Brückenschaltung, wie man sie beim Vergleichen von Kondensatoren verwendet: Der Meßdraht ist die im Gefäß G befindliche Wassermenge. Der Brückendraht geht von H aus, enthält den Doppelkopffernhörer F (Widerstand 2000 Ω je Muschel) und endet in der Sonde K, einem Kupferdraht, dessen eines Ende man ins Wasser taucht.

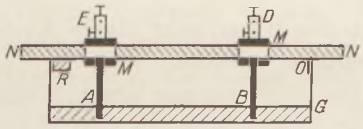


Fig. 3.

Fig. 4.

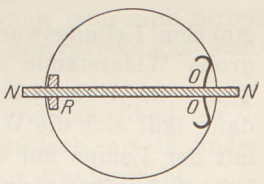


Fig. 5.

Man kann zunächst als Vorübung mit dieser „Wasserbrücke“ die beiden Kondensatoren C_1 und C_2 miteinander vergleichen. Man legt zu dem Zweck ein Blatt Millimeterpapier unter die Schale G, taucht die Sonde K auf der Geraden AB ins Wasser und verschiebt sie auf ihr so lange, bis der Fernhörer schweigt; das geschehe im Punkte L. Jetzt verhält sich $C_1 : C_2 = LB : LA$; die Länge der Strecken liest man an der Millimeterskala ab und berechnet etwa C_1, indem man C_2 als gegeben annimmt. Bewegt man die Sonde K von dem Punkte L ein wenig nach A oder nach B hin, dann hört man sofort einen kräftigen Ton, da ja diese anderen Punkte ein anderes Potential als H haben, so daß der Fernhörer F Strom bekommt. Sucht man dagegen in der Umgebung von A mit der Sonde alle diejenigen Punkte auf, in denen F schweigt, dann haben diese alle das gleiche Potential wie H; die gefundene Kurve ist nichts anderes als die Niveaulinie durch L. Sie

läßt sich sehr genau ermitteln, wie Fig. 6 zeigt, welche im Wintersemester 1925/26 von einem Oberprimaner während einer Übung angefertigt ist. Die 8 Kreuze auf der durch L gehenden Kurve geben die Punkte an, die durch Beobachtung ermittelt wurden. Der eine Schüler der Gruppe las die rechtwinkeligen Koordinaten jedes gemessenen Punktes an dem unter der Glasschale G liegenden Kurvenpapier ab (Anfangspunkt A), während der zweite sie in ein zweites Stück Koordinatenpapier einzeichnete.

Vergrößert man jetzt, nachdem die Niveaulinie durch L ermittelt ist, die Kapazität C_2 durch Verstellen des Drehkondensators, dann muß man die Sonde von L nach B hin verschieben, damit der Fernhörer wieder schweigt. Jetzt wird die durch diesen Punkt gehende Niveaulinie ermittelt usf. Um sämtliche in der Fig. 6 wiedergegebenen Kurven zu bekommen, muß man evtl. C_1 und C_2 vertauschen oder zu dem einen oder anderen Kondensator etwas dazuschalten. Doch erkennen die Schüler sehr bald, daß es ausreichend ist, wenn man die Niveaulinien um A ermittelt, da sie um B genau so liegen.

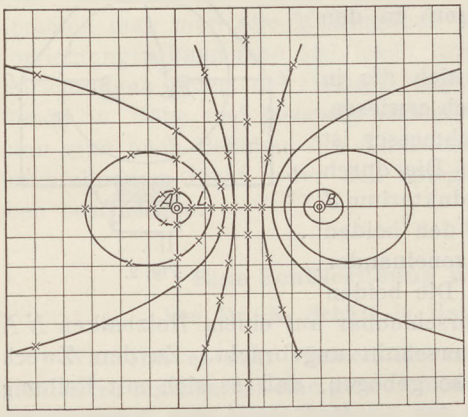


Fig. 6.

Um anders gestaltete Felder auszumessen, kann man z. B. ein einige Zentimeter breites Kupferblech zu einem Kreise von 20 cm Durchmesser zusammenbiegen, der gerade in die Glasschale hineinpaßt; die eine stabförmige Elektrode kommt als zweiter Pol auf der Holzbrücke in den Mittelpunkt dieses Kreises. Die Niveaulinien umgeben diese Elektrode als konzentrische Kreise[1].

3. Die Verwendung einer WHEATSTONEschen Brückenschaltung, in welcher der metallische Meßdraht durch eine Wassermasse ersetzt ist, also einer „Wasserbrücke", hat den großen Vorteil, daß man im Fernhörer sehr kräftige Töne erhält, die, wenn man jede Muschel mit einem Schalltrichter verbindet (vgl. diese Zeitschrift XXXIX, S. 115, Fig. 4a), in der ganzen Klasse gut hörbar sind. Für die Messungen benutze ich z. B. die in Fig. 7 dargestellte Küvette von 20 cm Länge. An den beiden Stirnseiten wird der Strom durch Kupferplatten (4 × 4 qcm), die den Querschnitt ganz ausfüllen, zugeführt. Als Füllung dienen 100 bis 200 ccm Leitungswasser, als Sonde (Gleitkontakt) ein Kupferdraht. Kondensatoren, große Widerstände (weniger gut Induktivitäten) lassen sich wegen des kräftigen Tones im Unterricht sehr gut ausmessen. Wählt man die Küvette etwas kleiner, dann läßt sich die Wasserbrücke gleichzeitig mit einer durchsichtigen Millimeterskala mit der Lampe auf den Schirm projizieren, so daß die Schüler die Lage der Sonde beim Schweigen des Fernhörers an der Skala ablesen können.

Fig. 7.

Die in dieser Übung verwendete Apparatur[2] ist, abgesehen von der Glaswanne mit Zubehör, die gleiche, wie sie für die Messung von Kapazitäten in Schülerübungen (vgl. diese Zeitschrift XXXIX, 1926, Seite 111 bis 121) verwendet wird.

[1] Als ich im Sommer 1925 diese Versuche abgeschlossen hatte, erfuhr ich, daß am Schwachstrominstitut der Technischen Hochschule in Dresden im Praktikum ähnliche Versuche „mit dem elektrolytischen Trog" gemacht werden. Doch wird dort als Leitung EHD (siehe Fig. 2) ein Meßdraht aus Metall verwendet. Ich glaube, daß die Verwendung von Kondensatoren den Vorteil eines kräftigen Tones und eines schärferen Minimums hat.

[2] Sie wird von der Firma A. Krüß, Hamburg, geliefert.

Für die Praxis.

Einige Freihandversuche zur Elektrolyse. Von Dr. **F. Weber** in Schleusingen. — Im folgenden seien einige ebenso einfache wie durch ihren äußeren Verlauf wirkungsvolle Versuche beschrieben: Ein mittelgroßes Becherglas fülle man zu $^3/_4$ mit verdünnter Schwefelsäure, hänge zwei Elektroden hinein und lege unter Vorschaltung eines geeigneten Widerstandes eine Gleichstromspannung von 220 Volt an. Man wähle den Vorschaltwiderstand so, daß etwa 7 Ampere übergehen. Hebt man jetzt vorsichtig die Kathode heraus, bis sie nur noch wenig eintaucht, so wird die Erwärmung so stark, daß der Wasserstoff sich entzündet und der Strom fortwährend unterbrochen wird. Die Folge davon ist, daß die Elektrode ins Glühen gerät und im allgemeinen einfach abschmilzt. Um ein Zerspringen des Becherglases zu vermeiden, gebe man auf seinen Boden eine Sandschicht von 2 cm Höhe. Im wesentlichen beruht die Erscheinung darauf, daß infolge der hohen Stromdichte die Flüssigkeit in der Nähe der Kathode ins Sieden gerät und die Dampfblasen wie bei einem Simonunterbrecher wirken. In demselben Sinne wirken auch die auf dem verhältnismäßig kleinen Teil der Elektrodenoberfläche frei werdenden großen Wasserstoffmengen. Die Stromstärke ändert sich nämlich nicht beträchtlich bei dem Herausziehen der einen Elektrode (allerdings nur, solange der reguläre Strom fließt). In dem Augenblick, wo der „Unterbrechungsstrom“ — wie ich ihn im folgenden immer bezeichnen möchte — einsetzt, geht die Gesamtstromstärke erheblich herunter! Sie mindert sich von 7 Ampere auf etwa 5 Ampere. Daß übrigens der Strom dann wirklich fortwährend unterbrochen wird, kann man leicht feststellen, wenn man über eine Empfangsstation für drahtlose Telegraphie verfügt. Schaltet man den Lautsprecher ein, so ist ein starkes Geprassel zu hören, welches jeden anderen Empfang verhindert. Es sei nun eine Reihe Versuche beschrieben, welche alle nach dem erwähnten Prinzip angestellt werden. Sie bilden zwei Gruppen, je nachdem man das Elektrodenmaterial ändert oder den Elektrolyten.

I. Elektrolyt: Verdünnte Schwefelsäure. a) Als Anode dient ein Stück Bleiblech von 10 cm Länge und 3 cm Breite. Zur Kathode wähle man einen Bleistreifen von etwa 1 cm Breite. Beim Herausziehen der Kathode schmilzt das Blei unter Lichterscheinung und fällt in Tropfen herunter auf den Boden des Becherglases.

b) Als Anode belasse man den Bleistreifen in der Zelle. Als Kathode nehme man einen starken Kupferdraht. Beim Herausziehen gerät er in Glut und zerschmilzt. Die Tropfen des flüssigen Metalls fallen mit starkem Geräusch auf den Boden des Becherglases (Sandschicht!)

c) Die Anode bleibt wie bei a) und b). Zur Kathode wählt man eine Stricknadel. Sie verbrennt mit prachtvollem Funkenregen. Statt der Stricknadel kann man auch eine Uhrfeder nehmen (Sandschicht).

II. Verschiedene Elektrolyte. Bei den folgenden Versuchen dient als die eine Elektrode ein 5 cm breites und 12 cm langes stärkeres Kupferblech, als die andere ein 3 mm starker, 15 cm langer, oben rechtwinklig abgebogener Kupferdraht.

a) Kochsalzlösung. Man fülle ein Becherglas mit Kochsalz und gebe Wasser hinzu, so daß nach dem Umrühren noch zur Hälfte ungelöstes Salz zurückbleibt.

Als Kathode benutze man den Kupferdraht. Man tauche 3 bis 4 cm tief ein. Sofort entsteht um das Drahtende das prachtvoll gelbe Natriumlicht. Bei einiger Übung gelingt es sehr leicht, hier **Natriumhydroxyd** zu gewinnen. Dabei achte man nur darauf, daß weder ein Lichtbogen entsteht, noch der reguläre Strom übergeht, sondern man suche durch geschicktes Eintauchen den „Unterbrechungsstrom“ zu erhalten. Jedenfalls vermeide man, daß die Kathode benetzt wird! Es setzt sich schon nach 1 bis 2 Sekunden Natriumhydroxyd an dem Kathodendraht ab als schneeweiße, pilzartige Masse. Der Nachweis mit Lackmuslösung gelingt sehr schön, nur

möge man nicht zu stark ansäuern, sondern nur so weit, daß gerade eben der Farbumschlag eingetreten ist.

Die Kochsalzlösung selbst nimmt während des Versuches eine gelbrote Farbe an. Offenbar gehen die positiven Cu-Ionen in Lösung und verbinden sich mit dem freiwerdenden Chlor.

b) Sodalösung. Genau ebenso verläuft der Versuch, wenn man gesättigte Sodalösung [Konzentration wie bei a)] nimmt. Die Ausbeute an Natriumhydroxyd ist hier größer.

c) Auf genau dieselbe Art, wie in a) und b) kann man mit gesättigter Pottaschelösung [Konzentration wie bei a) und b)] arbeiten. Man bemerkt das für Kalium charakteristische Licht und kann relativ große Mengen Kaliumhydroxyd gewinnen. Nachweis mit Lackmuslösung.

d) Außerordentlich heftig verläuft der Versuch in Salmiaklösung. Die Kathode wird sofort fast ganz glühend. Senkt man sie nach dem Herausziehen in Lackmuslösung, so erfolgt eine schwachsaure Reaktion. Bemerkenswert ist die große Menge Wasserstoff.

e) Natronlauge und Sand. Dieser Versuch ist besonders eigenartig und schön im äußeren Verlauf. Man fülle eine 2 cm hohe Sandschicht in das Becherglas, senke, wie bisher, das Kupferblech ein und gebe starke Natronlauge dazu, so daß die Flüssigkeit noch etwa 3 cm hoch über der Sandschicht steht. Jetzt aber vertausche man die Pole und mache den Kupferdraht zur Anode. Sobald man eintaucht, setzt der Unterbrechungsstrom ein. Das Drahtende ist umsäumt mit einer schwachleuchtenden Schicht, in welcher allenthalben kleine, gelbe Fünkchen aufblitzen. Senkt man tiefer ein, so passiert es zunächst oft, daß der reguläre Strom einsetzt. Dann wiederhole man das Einführen des Drahtes und warte, bis letzterer sich gehörig erwärmt hat. Man kann bei jedem Male den Draht etwas tiefer in die Lauge bringen. So weit zeigt sich zunächst nichts Besonderes. In dem Augenblick aber, wo die Spitze des Drahtes die Sandschicht berührt, setzt eine blendendweiße Lichterscheinung ein. Man läßt diese eine Weile wirken. Falls sie erlöschen sollte, fahre man mit der Drahtspitze langsam etwas hin und her auf der Sandoberfläche. Zieht man den Draht heraus, so findet man an seinem Ende eine weiße, kristalline Schmelze, welche härter als Glas ist.

Genau dasselbe erhält man mit Kalilauge. Zu bemerken ist noch, daß der Kupferdraht fast nicht in Mitleidenschaft gezogen wird.

Eine genauere Deutung des Vorganges vermag ich noch nicht zu geben. Offenbar handelt es sich um eine Zersetzung des Sandes.

Der Versuch gelingt übrigens auch mit Schwefelsäure, nur ist der Verlauf nicht so glänzend.

Berichte.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Neue Fortschritte der Elementen- und Isotopenforschung[1].

Die Träger der chemischen Eigenschaften der Elemente sind die Atome, deren jedes aus dem positiv geladenen Atomkern und den die Elektronenhülle bildenden negativ geladenen Elektronen besteht. Die Atome der einzelnen Elemente unterscheiden sich durch die Kernladungszahl, d. h. durch die Größe der wirksamen positiven Ladung des Kerns, durch welche die Platznummer des Elementes im periodischen System, die sog. Ordnungszahl, bestimmt wird, und die sich ergibt, wenn man die Atome nach ihrer steigenden Kernladungszahl ordnet. Am Anfang der sich ergebenden Reihe steht das Wasserstoffatom mit der Ordnungs- oder Kernladungszahl 1, dann folgt das Helium-, dann das Lithiumatom, deren Kernladungszahlen bzw. 2 und 3 sind usf. bis zum Uran mit der größten bisher beobachteten

[1] Nach einem Vortrag von Prof. Dr. OTTO HAHN, Direktor des Kaiser Wilhelms-Instituts für Chemie in Berlin-Dahlem, gehalten in Essen am 27. Januar 1928 vor dem Bezirksverein Rheinland-Westfalen des Vereins deutscher Chemiker. Z. angew. Chem. 41, H. 21, 516 (1928).

Kernladungszahl 92. Mit der Kernladungszahl stimmt die Anzahl der den Kern umgebenden Elektronen überein, so daß das gesamte Atom nach außen hin elektrisch neutral ist. Die Eigenschaften eines Elementes sind durch die Ordnungs- oder Kernladungszahl festgelegt, die bei chemischen Vorgängen unverändert bleibt. Diese spielen sich vielmehr mittels der Elektronen der Elektronenhülle ab.

Der Wasserstoffkern ist die kleinste positiv geladene Einheit, er ist gewissermaßen das positive Elektron. Seine Ladung ist derjenigen des Elektrons gleich, aber von entgegengesetztem Vorzeichen, seine Masse ist aber das 1840fache von derjenigen des Elektrons, und da die Masse einer bestimmten Elektrizitätsladung um so größer erscheint, auf einen je kleineren Raum sie konzentriert ist, so ist sein Durchmesser erheblich kleiner als der des Elektrons, der, wie aus elektrischen Messungen folgt, von der Größenordnung 10^{-13} cm ist. Nach dem Vorschlag von RUTHERFORD bezeichnet man den Wasserstoffkern, um auszudrücken, daß er die positive Elektrizitätseinheit darstellt, als Proton, so daß mithin die Atome aus Elektronen und Protonen aufgebaut sind.

Die Kerne der schwereren Elemente bestehen indes nicht nur aus Protonen, sie müssen vielmehr ebenfalls Elektronen enthalten, die man im Gegensatz zu den die Elektronenhülle bildenden äußeren (Valenz-) Elektronen als Kernelektronen bezeichnet. Denn bestünde der Kern nur aus Protonen, so müßte die Kernladungs- oder die Ordnungszahl mit dem Atomgewicht übereinstimmen, da beide beim Wasserstoff = 1 sind. Das ist nun aber nicht der Fall, und schon beim Helium mit der Ordnungszahl 2 ist das Atomgewicht 4, also größer als die Kernladungszahl, was bei allen anderen Atomen (natürlich mit Ausnahme des Wasserstoffatoms) ebenfalls zutrifft. Man hat daher anzunehmen, daß der Heliumkern aus 4 Protonen und 2 Elektronen besteht, so daß von den 4 positiven Ladungen nach außen hin nur 2 wirksam bleiben, 2 andere dagegen durch die beiden Kernelektronen neutralisiert werden. Das Uranatom mit dem Atomgewicht 238 und der Ordnungszahl 92 besteht aus 238 Protonen und $238 - 92 = 146$ Kernelektronen, zu denen noch 92 äußere Elektronen kommen. Im ganzen setzt es sich mithin aus $2 \times 238 = 476$ Teilchen zusammen. Die Ordnungszahl ist also nicht gleich der gesamten positiven Ladung des Kerns, sondern sie gibt den Überschuß der positiven Ladung des Kerns über seine negative an.

Die vom Kern ausgehenden Anziehungskräfte erhalten die äußeren Elektronen in ihren Bahnen, deren Anordnung nur durch die Kernladung bestimmt wird, und von dieser Anordnung hängen wiederum die chemischen Eigenschaften der verschiedenen Elemente ab. Die Masse des Atoms, also das Atomgewicht, wird dagegen durch die des Atomkerns bestimmt. Da die Kernladungszahl zugleich die Platznummer für das betreffende Element ist, so kann es vom Wasserstoff bis zum Uran nur 92 verschiedene Elemente geben. Die Atommassen (oder -gewichte) können dagegen bei gleicher Kernladungszahl verschieden sein. Das Silizium hat z. B. die Ordnungszahl 14, d. h. um einen Atomkern mit 14 positiven Ladungen bewegen sich 14 äußere Elektronen. Dadurch sind die chemischen Eigenschaften des Siliziums festgelegt. Der Kern kann aber z. B. aus 28 Protonen und 14 Kernelektronen, ebenso gut auch aus 29 oder 30 Protonen und aus 15 bzw. 16 Kernelektronen bestehen, so daß das Atomgewicht 28, 29 oder 30 sein kann. Es sind daher verschiedene Arten von Atomen mit der Kernladungszahl 14 möglich, die sämtlich als Siliziumatome zu bezeichnen sind, und deren Ordnungszahl 14 ist, die sich aber durch das Atomgewicht unterscheiden. Man bezeichnet derartige Atomarten von gleicher Ordnungszahl, da sie sämtlich an derselben Stelle des periodischen Systems stehen, nach dem Vorschlag von F. SODDY als Isotope (von ἴσος, gleich, und ὁ τόπος, der Platz) und unterscheidet sie durch den Zusatz des Atomgewichtes als Index zu dem Symbol des Elementes. Beim Silizium, bei dem tatsächlich die 3 genannten Isotope nachgewiesen sind, ist mithin Si_{28}, Si_{29} und Si_{30} zu unterscheiden, und das Atomgewicht des Siliziums ist dann der Mittelwert aus diesen 3 Einzelwerten nach Maßgabe ihres Mischungsverhältnisses.

Bei Aufstellung des den vorhergehenden Betrachtungen zugrunde liegenden RUTHERFORD-BOHRschen Atommodells, die kurze Zeit vor dem Ausbruch des Weltkrieges erfolgte, waren von den zwischen dem Wasserstoff und dem Uran liegenden Plätzen des periodischen Systems noch unbesetzt die Nummern 43 und 75, an denen Homologe des Mangans, die Ekamangane, stehen mußten; ferner die Nummern 61 und 72, an denen beiden man seltene Erdmetalle vermutete; Nummer 85, das Ekajod und Nummer 87, das Ekacäsium. Von Nummer 91, dem Ekatantal, endlich kannte man nur ein äußerst kurzlebiges Radioelement mit der Halbwertzeit 1 Min., von dem man nicht hoffen konnte, größere Mengen im freien Zustand darstellen zu können. Von ihnen wurde das Element mit der Ordnungszahl 72, wie bereits bemerkt wurde, lange Zeit unter den Metallen der seltenen Erden vermutet, namentlich von französischen Chemikern, die in der Meinung, es bereits entdeckt zu haben, ihm den Namen Celtium gaben. Diese Ansicht hat sich als irrig erwiesen; das neue Element ist nicht drei-, sondern vierwertig und ist ein homologes Metall vom Zirkonium und vom Thorium. Die um den Atomkern sich bewegenden äußeren Elektronen sind nämlich in genau definierten Gruppen angeordnet, und beim Übergang eines Elementes zu dem mit der nächst höheren Ordnungszahl wird das hinzutretende Elektron der Regel nach in einer außenliegenden Gruppe untergebracht; Ausnahmen bilden jedoch die Triaden (Eisen- und Platinmetalle) und die Metalle der seltenen Erden, bei denen das Elektron in einer tiefer liegenden Bahn angelagert wird, weil bei diesen Metallen die dort befindlichen Gruppen noch nicht aus-

gebaut sind und zunächst aufgefüllt werden müssen. Bei den Metallen der seltenen Erden, deren Reihe mit dem Lanthan (Ordnungszahl 57) beginnt, waren nun im ganzen 14 derartiger innerer Plätze zu besetzen, so daß die höchste Ordnungszahl dieser Metalle $57 + 14 = 71$ sein mußte und das Metall mit der Ordnungszahl 72 zur nächsten, vierwertige Elemente enthaltenden Gruppe zu stellen war. Tatsächlich fanden auch COSTER und v. HEVESY das Element, das sie nach dem alten Namen von Kopenhagen als Hafnium bezeichneten, im Zirkon als Begleiter des Zirkoniums in Mengen, die in seltenen Fällen denen des Zirkoniums nahezu gleich, meistens allerdings erheblich kleiner sind. Immerhin ist das Hafnium ein Element, dessen Häufigkeit in der Erdkruste derjenigen des Lithiums, Kupfers, Kobalts oder Bors vergleichbar ist, und der Grund für seine späte Entdeckung ist in seiner Ähnlichkeit mit dem Zirkonium zu suchen, welche die Trennung der Verbindungen der beiden Metalle außerordentlich erschwert. Einer technischen Darstellung des Hafniums oder seiner Verbindungen dürften aber, falls sie erforderlich sein sollte, keine Schwierigkeiten entgegenstehen.

Unter den Ordnungszahlen, die zur Zeit der Aufstellung des RUTHERFORD-BOHRschen Atommodells noch nicht mit Elementen besetzt waren, ist die des Hafniums (72) die einzige gerade Zahl. Nun hat W. D. HARKINS (Journ. of the Americ. chemical Society **39**, 856; 1917) aus den Analysen namentlich der Steinmeteorite (die der Gesteine der Erdrinde sind wegen der häufigen Dislokationen, die diese erfahren haben, zu diesem Zweck weniger geeignet) die Regel abgeleitet, daß die Elemente mit gerader Ordnungszahl in der Natur sich weit häufiger finden als die mit ungerader. Die Steinmeteorite bestehen z. B. zu 97,6% aus den ersteren. Es war daher zu erwarten, daß die im periodischen System noch fehlenden Elemente sich nur in geringer Menge in der Natur finden würden. Dies hat sich in der Tat bestätigt. Die Elemente mit den Ordnungszahlen 43 und 75 sind in äußerst geringen Mengen in den Columbiten, d. h. den Eisen-(2)-Salzen der Niob- und Tantalsäure von W. NODDACK und IDA TACKE gefunden worden, nachdem diese Forscher ein Verfahren zur Konzentration der Salze der beiden fehlenden Elemente ausgearbeitet hatten (Naturwissenschaften **13**, 567; 1925), und es ist ihnen gelungen, von dem Element mit der Ordnungszahl 75, dem sie den Namen Rhenium (Re) gaben, an sich geringe Mengen (etwa 1 g) darzustellen, die aber doch hinreichten, um seine wichtigsten Eigenschaften und annähernd auch sein Atomgewicht (zu 188 ± 1) festzustellen. Die Existenz des 2. Elementes mit der Ordnungszahl 43, das Masurium (Ma) genannt worden ist, wurde zwar (durch O. BERG) röntgenspektroskopisch mit Sicherheit nachgewiesen, größere Mengen sind jedoch noch nicht dargestellt worden. Beide Elemente kommen auch in den Gadoliniten und Alviten, sowie in den Molybdänerzen vor.

Das Element mit der Ordnungszahl 61 ist wohl zuerst von dem Erforscher der Metalle der seltenen Erden R. J. MEYER in Berlin zwischen dem Samarium und dem Neodym vermutet und von R. GLOCKER und seinen Mitarbeitern röntgenspektroskopisch nachgewiesen worden (Naturwissenschaften **14**, 771; 1926), wenn auch die amerikanischen Forscher HOPKINS, YNTEMA und HARRIS an der Universität des Staates Illinois in Urbana den Anspruch erheben, das Element zuerst gefunden zu haben. Sie haben es (Journ. of the American chem. Soc. **48**, 1594; 1926) als Illinium bezeichnet. Übrigens behaupten auch 2 italienische Forscher L. ROLLA und L. FERNANDES (Gazetta chimica **56**, 435; 1926), die Entdecker des Elementes zu sein, dessen Existenz jedenfalls durch sein optisches und sein Röntgenspektrum mit Sicherheit dargetan ist.

Das von dem Vortragenden in Gemeinschaft mit Frl. LISE MEITNER entdeckte Element mit der Ordnungszahl 91 ist ein radioaktives Element, die Muttersubstanz des Aktiniums, weshalb es von den Entdeckern als Protaktinium (Pa) bezeichnet worden ist. Es findet sich in allen Uranmineralien, und zwar enthalten diese auf 100 mg Radium rund 40 mg Protaktinium, und durch Verarbeitung von 450 kg Joachimstaler sog. Rückrückstände ist es v. GROSSE [Naturwissenschaften **16**, H. 23, 453 (1928)] gelungen, etwa 30 mg Protaktinium darzustellen. Es ist ein außerordentlich langlebiges Element, da seine Halbwertszeit 20 000 Jahre beträgt.

Somit sind zur Zeit nur noch 2 Ordnungszahlen des natürlichen Systems, 85 und 87, nicht von Elementen besetzt. Ob diese noch fehlenden Elemente, das Ekajod und das Ekacäsium, existieren oder nicht, läßt sich nicht sagen. Möglicherweise sind zum Nachweis ihres Vorhandenseins neue, noch nicht bekannte Methoden erforderlich, wie ja auch die zuvor genannten 5 Elemente nur durch die Einführung neuer Methoden (Röntgenspektren, Methoden der radioaktiven Forschung) entdeckt werden konnten.

Mit der Atomlehre ist auf das engste die Lehre von den Isotopen verbunden, deren Ursprung auf die Ergebnisse der Radioaktivitätsforschung zurückzuführen ist. Die große Zahl radioaktiver Zerfallsprodukte, die alle den Anspruch darauf erheben konnten, als Elemente angesehen zu werden, ließ es zunächst als aussichtslos erscheinen, sie in das periodische System einzuordnen. F. SODDY hat dann (1910) darauf hingewiesen, daß es unter den radioaktiven Elementen eine ganze Anzahl gibt, die sich chemisch nicht trennen lassen, die sich also nicht, wie die seltenen Erden, chemisch nur sehr nahe stehen, aber doch eine Trennung zulassen, sondern (wie z. B. Radium und Mesothorium I oder Blei und Radium D oder Ionium, Thorium und Radiothor) trotz ganz verschiedener radioaktiver Eigenschaften chemisch identisch und daher im periodischen System an derselben Stelle unterzubringen sind, und er hat die Vermutung ausgesprochen, daß auch die gewöhnlichen Elemente Gemische von Atomarten sein können, die trotz verschiedenen

Atomgewichts im periodischen System sämtlich an derselben Stelle stehen. Er schlug für derartige Atomarten den oben bereits mitgeteilten Namen Isotope vor. Bei den radioaktiven Stoffen wurde die Isotopie durch Gesetzmäßigkeiten in den Zerfallsreihen bewiesen, die bedingen, daß gewisse Radioelemente, obwohl sich ihre Atomgewichte, wie in den oben angeführten Beispielen um 4 Einheiten unterscheiden, an dieselbe Stelle des periodischen Systems zu stellen sind. Beim Blei wurde dann der Nachweis erbracht, daß sein Atomgewicht verschieden groß sein kann, obwohl sein chemisches Verhalten keinerlei Unterschiede erkennen läßt. Gewöhnliches, aus Bleierzen dargestelltes Blei zeigt ein anderes Atomgewicht als das durch allmählichen radioaktiven Zerfall aus Uranerzen erstandene sog. Uranblei oder das in ähnlicher Weise aus thorhaltigen Mineralien gewonnene Thorblei. Das Atomgewicht des ersteren ist kleiner, das des letzteren größer als das des gewöhnlichen Bleies. Mit der Erkenntnis dieser Tatsache hatte das Atomgewicht seine maßgebende Bedeutung für die Anordnung der Elemente im periodischen System endgültig verloren, und die auf ganz anderem Wege zu ermittelnde Ordnungszahl trat an seine Stelle; die Atomgewichte der Elemente, die von der Ganzzahligkeit so erheblich abwichen, wie die des Chlors oder des Magnesiums, und die unerklärten Ausnahmen von der PROUTschen Hypothese bildeten, die sich in vielen Fällen als wahr oder doch als wahrscheinlich erwiesen hatte, fanden als Mittelwerte eine befriedigende Deutung.

Das Verdienst, ein Verfahren zur Trennung der Isotopen angegeben zu haben, gebührt dem Engländer F. W. ASTON [Philosophical Magazine **38**, 709 1915][1]. Mittels des Massenspektrographen ist der Nachweis erbracht worden, daß eine große Zahl von Elementen Gemische von Isotopen sind, deren Zahl in den meisten Fällen 2, seltener 3 oder noch seltener 4 beträgt und nur in einzelnen Fällen größer ist, wie beim Selen, Krypton, Cadmium, bei denen sie 6, und beim Quecksilber, Xenon und Zinn, bei denen sie bzw. 7, 9 oder 11 beträgt. Die Gewichte der Isotopen können dabei bis zu 12 Einheiten verschieden sein. Daneben gibt es zahlreiche Elemente, bei denen nur eine Atomart nachgewiesen werden konnte. Zu ihnen gehören z. B. Wasserstoff, Helium, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Fluor, Natrium, Aluminium, Phosphor, Chrom, Mangan, Kobalt, Arsen, Jod, Cäsium. Barium besteht aus einem, vielleicht aus 2, Uran aus 2, vielleicht 3, Lithium, Bor, Chlor, Argon, Kalium, Calcium, Eisen, Nickel, Kupfer, Brom, Rubidium, Strontium, Silber, Antimon, Cer aus 2, Magnesium, Silicium, Schwefel, Tellur aus 3, Zirkon und Blei aus 3, vielleicht aus 4, Zink aus 4 Isotopen. Der letzte Bericht der deutschen Atomgewichtskommision (Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft **61**, 29; 1928) enthält eine tabellarische Zusammenstellung der bis zum November 1927 ermittelten Isotopen nebst ihren Gewichten und dem Anteil, den sie an der Zusammensetzung der betreffenden Elemente nehmen.

Die früher beobachteten Anomalien in der Reihenfolge der im periodischen System nach steigenden Atomgewichten geordneten Elemente sind nunmehr in einfacher Weise zu deuten, beim Argon und Kalium z. B., die aus je zwei Isotopen bestehen, dadurch, daß im Argon das schwerere Isotop Ar_{40}, im Kalium dagegen das leichtere K_{39} gegenüber dem anderen (Ar_{36} bzw. K_{41}) vorhanden ist.

Ordnet man die einzelnen Atomarten nach steigendem Gewicht in eine Reihe, so findet man an verschiedenen Stellen Gleichheit des Gewichtes bei Verschiedenheit der Ordnungszahl, d. h. es gibt gleich schwere Atomarten, die verschiedenen Elementen zugehören. Man bezeichnet derartige Atomarten als isobare. Bisher sind von inaktiven Elementen die folgenden Isobaren bekannt:

Ar_{40} Zn_{70} Ge_{74} Se_{78} Se_{80} Se_{82} Kr_{86} Cd_{112} Cd_{114}
Ca_{40} Ga_{70} Se_{74} Kr_{78} Kr_{80} Kr_{82} Sr_{86} Sn_{112} Sn_{114}

In_{115} Cd_{116} Sn_{121} Sn_{124} Te_{126} Te_{128} Te_{130} X_{136} Cc_{142}
Sn_{115} Sn_{116} Sb_{121} X_{124} X_{126} X_{128} X_{130} $Ba_{(136)}$ Nd_{142}

Bei den radioaktiven Stoffen war das Vorkommen isobarer Elemente schon früher bekannt.

Mit Ausnahme des Wasserstoffs sind die Gewichte aller Atomarten ganzzahlig, obwohl der Wasserstoff, wie bereits erwähnt wurde, nur aus einer Atomart zusammengesetzt und sicher ein Bestandteil aller Atomkerne ist. Denn beim Zerfall der Atome sind Helium- und Wasserstoffkerne (Protonen), die ersteren beim radioaktiven Zerfall als α-Strahlen, die letzteren bei der künstlichen Zertrümmerung der Atome als Wasserstoffstrahlen nachgewiesen. Die α-Strahlen (Heliumkerne) sind vermutlich aus 4 Protonen und 2 Elektronen zusammengesetzt, so daß letzten Endes die Vielheit der Atome sich aus den beiden Grundelementen Proton und Elektron zusammensetzt. Nun ist das Atomgewicht 4 des ebenfalls nur aus einer Atomart bestehenden Heliums kleiner als das von 4 Protonen ($4 \cdot 1{,}0078$). Bei der Entstehung von einem Heliumkern aus 4 Protonen tritt also ein Massendefekt ($4 \cdot 0{,}0078$) ein, wie er nach der von A. EINSTEIN aus der Relativitätstheorie abgeleiteten Äquivalenz von Masse und Energie eintreten muß, wenn die Entstehung des Heliumkerns mit einer Abgabe von Energie verbunden ist. Da nach den Entwicklungen von A. EINSTEIN die ruhende Masse m als die Energie: $E = m \cdot c^2$ (c = Lichtgeschwindigkeit) aufgefaßt werden kann (für die bewegte Masse gilt eine etwas kompliziertere Beziehung), so ist die dem obigen Massendefekt entsprechende Energiemenge $4 \cdot 0{,}0078 \cdot 9 \cdot 10^{20} = 2{,}8 \cdot 10^{14}$ Erg.

[1] Der von ihm benutzte Apparat, der Massenspektrograph, ist, ebenso wie sein Prinzip und seine Anwendung zur Untersuchung der einzelnen Elemente, eingehend in dem Buch: F. W. ASTON, Isotopes, in deutscher Übersetzung von Dr. ELSE NORST-RUBINOWICZ, Leipzig 1923, S. Hirzel, 164 S. beschrieben, auf dessen Kapitel V bis VII verwiesen wird.

Man nimmt an, daß die Verpackung von 4 Wasserstoffatomen zu einem Heliumkern besonders dicht ist, viel dichter als z. B. die Packung von 3 oder 4 Heliumkernen zu dem Kern eines C- bzw. O-Atoms.

Da wahrscheinlich auch bei der Bildung anderer Atomkerne aus Protonen und Elektronen Energie abgegeben wird, so ist die Frage nach der Ganzzahligkeit der Gewichte der Atomarten von erhöhter Bedeutung geworden. Mit einem neuen Massenspektrographen von weit größerem Auflösungsvermögen als es der früher benutzte besaß, hat F. W. ASTON (Philosoph. Mag. (6), **47**, 385, 1924) den Packungsanteil (packing fraction) für eine Anzahl von Atomarten bestimmt, d. h. die Abweichung von der Ganzzahligkeit der betreffenden Atomart pro Wasserstoffkern bezogen auf O = 16 und ihn zur Berechnung des Gewichtes der betreffenden Atomart benutzt. Ist z. B. der Packungsfaktor des Isotops B_{10} zu 0,00135 gefunden, so ist zu dem Gewicht 10 von 10 Atomen Wasserstoff 0,0135 zu addieren, so daß das Gewicht von B_{10} 10,0135 ist. Dabei wurden die folgenden Ergebnisse erhalten:

Atomart	Packungsanteil $\times 10^4$	Masse O = 16
H	77,8 ± 1,5	1,00778
He	5,4 ± 1	4,00216
Li_6	20,0 ± 3	6,012
Li_7	17,0 ± 3	7,012
B_{10}	13,5 ± 1,5	10,0135
B_{11}	10,0 ± 1,5	11,0110
C	3,0 ± 1	12,0036
N	5,7 ± 2	14,008
O	0,0	16,000
F	0,0 ± 1	19,0000
Ne_{20}	0,2 ± 1	20,0004
Ne_{22}	(2,2 ?)	(22,0048)
P	— 5,6 ± 1,5	30,9825
Cl_{35}	— 4,8 ± 1,5	34,983
Ar_{36}	— 6,6 ± 1,5	35,976
Cl_{37}	— 5,0 ± 1,5	36,980
Ar_{40}	— 7,2 ± 1	39,971
As	— 8,8 ± 1,5	74,934
Kr_{78}	— 9,4 ± 2	77,926
Br_{79}	— 9,0 ± 1,5	78,929
Kr_{80}	— 9,1 ± 2	79,926
Kr_{81}	— 8,6 ± 1,5	80,926
Kr_{82}	— 8,8 ± 1,5	81,927
Kr_{83}	— 8,7 ± 1,5	82,927
Kr_{84}	— 8,5 ± 1,5	83,928
Kr_{86}	— 8,2 ± 1,5	85,929
J	— 5,3 ± 2	126,932
Sn_{120}	— 7,3 ± 2	119,912
Xe_{134}	— 5,3 ± 2	133,929
Hg_{200}	0,8 + ± 2	200,016

Nach dieser Tabelle kommt dem Wasserstoff der größte Packungsanteil zu, während er beim Helium sehr klein ist. Vom Wasserstoff an sinkt der Packungsanteil beim Lithium und Bor auf kleinere Werte und ist beim Kohlenstoff äußerst klein. Vom Phosphor ab wird er sogar negativ und steigt dann wieder langsam an. Aus den in der letzten Spalte stehenden Zahlen geht hervor, daß das Atomgewicht des aus einer Atomart bestehenden Heliums etwas größer als 4,000, nämlich 4,002 und das des Kohlenstoffs 12,0036 ist. Bei der Entstehung des Sauerstoffs aus 4 Heliumkernen tritt mithin ein geringer Massendefekt ein. *H. Böttger.*

5. *Technik und mechanische Praxis.*

Die Entwicklung des Lautsprechers. Originalbericht von Dr. FRIEDRICH MOELLER in Berlin.

In seinem ausgezeichneten Bericht: „Neuere Forschungen zu akustischen Problemen" hat A. WENZEL[1] einen Auszug aus den neueren theoretischen und meßtechnischen Arbeiten gegeben, die sich mit den akustischen, durch die Entwicklung der (drahtlosen) Hochfrequenztelephonie (Rundfunk) aufgeworfenen Problemen aller Art beschäftigen.

Durch diese Arbeit angeregt, versucht Verf. im folgenden, eine Ergänzung dazu nach der praktischen (mehr konstruktiven) Seite hin zu geben, also darzustellen, welche Formen von der Industrie in angestrengter und sicherlich fruchtbarer Arbeit für den Lautsprecher gefunden wurden.

Die Aufgabe, einen Lautsprecher zu bauen, ist an sich nicht durch den Rundfunk neu entstanden; der Lautsprecherbau besitzt vielmehr bereits eine längere historische Entwicklung. Das ist keineswegs verwunderlich, denn es gab schon vor der Entwicklung des Rundfunks Anlässe in genügender Anzahl, welche die Verwendung eines Lautsprechers als sehr wünschenswert erscheinen ließen. Zu einem wirklich befriedigenden Erfolg ist es indessen lange Zeit hindurch nirgends gekommen, denn es fehlte der Technik des vergangenen Zeitalters an dem einzigartigen, billigen, zuverlässigen und technisch einwandfreien Verstärkermittel, das die heutige Nachrichtentechnik (nicht nur die Hochfrequenztechnik) beherrscht und ermöglicht: Die Drei-Elektroden-Elektronen-Röhre. Vor ihrer Zeit waren nur 2 im Vergleich zu ihr äußerst mangelhafte und im Gebrauch beschränkte Verstärkermittel bekannt: der Mikrophonverstärker und der Preßluft-Schallverstärker. Es sei zunächst das Wesen dieser beiden Methoden kurz beschrieben.

Der Mikrophonverstärker ist in Fig. 1 in einer seiner Formen im Prinzip skizziert. Ein Kohlemikrophon *Mi 1* als Anfangsstufe bespricht die Wicklung eines Telephons, wobei zum Zweck

[1] A. WENZEL: Neuere Forschungen zu akustischen Problemen; diese Zeitschr. **41**, 146; 1928.

der Anpassung in der Regel ein Zwischentransformator nötig sein wird, der jedoch in der Skizze als nicht zum Prinzip gehörig weggelassen ist. Die (eiserne) Membran *M* des Telephons ist starr (oder auch durch Luftkopplung) mit einer Kohlemembran verbunden, die ihrerseits wieder die Kohlekörnchen eines zweiten Mikrophons *Mi 2* erregt. Eine wirklich saubere und gute Verstärkung dieser Anordnung ist tatsächlich zu erreichen, sobald keine große Amplitude verlangt wird, erfordert jedoch eine recht bedeutende Erfahrung in der Konstruktion. Wird auf

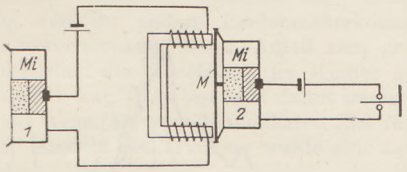


Fig. 1.

Qualität weniger Wert gelegt, so läßt sich die Verstärkerwirkung schon mit einfachen Mitteln zeigen, wie sie fast in jedem kleineren Laboratorium vorhanden sind; darauf soll hier, als nicht zur Sache gehörig, nicht eingegangen werden.

Die Mikrophonverstärker haben geraume Zeit bei der Verstärkertechnik im Fernsprechwesen eine recht erhebliche Rolle gespielt, und es ist auf ihre Durchbildung eine große Sorgfalt verwendet worden. Störend waren rauschende und rasselnde Geräusche, die dieser Verstärkerart eigen blieben und ihre Zahl bei Serienschaltung beschränkte. Für größere Amplituden, wie sie zu höheren Schalleistungen notwendig sind, eignen sich die Mikrophonverstärker nicht, weil dann starke Verzerrungen eintreten. Ihre Leistung bleibt im Verhältnis zu den Verstärkungsgraden, die wir heute bereits als normal und alltäglich betrachten, gering. Immerhin wurden noch im Jahre 1918, wie ich aus eigener Erfahrung berichten kann, als bereits die Röhre ihren Siegeszug angetreten hatte, ernsthafte Versuche an der Verbesserung der Mikrophonverstärker gemacht. Die Verstärkungsziffern der damaligen Metallfadenröhren waren noch verhältnismäßig gering und ihr Betrieb wegen des hohen Heizleistungsverbrauchs ($^1/_2$ Amp.) teuer. Erst die Durchbildung der sog. Sparröhren (wie sie damals genannt wurden), also der Röhren mit Thorium- oder Oxydfaden, mit ihrer allmählich zunehmenden Steilheit hat den Mikrophonverstärker endgültig zur Vergessenheit gebracht. Er besitzt heute keinen anderen als historischen Wert.

Ein eigenartiger „Verstärker", die erste Anordnung, die eine genügende Leistung aufbrachte, um große Lautstärken zu erzielen, war der Preßluftschallverstärker, der im wesentlichen von der Sprechmaschinenindustrie verwendet wurde, um Schallplattenaufnahmen einer großen Zuhörermenge hörbar zu machen. Wenn auch die Lautstärke bei dieser Apparatur völlig ausreichend war, so blieb doch eine zweite ebenso wichtige Forderung, die nötige Verzerrungsfreiheit, völlig unerfüllt. Das Wesen dieses Verstärkers, auf den die einschlägigen Industriezweige große Mühe und Sorgfalt verwendet haben, sei kurz erläutert (Fig. 2). Seine physikalische Grundlage bildet die schallerzeugende Wirkung eines durch einen schmalen Spalt austretenden Luftstromes, der auf eine ruhende Luftmasse trifft. Eine kreisrunde Preßluftkammer *K* ist einseitig durch eine mit schmalen langen Schlitzen versehene massive Scheibe *P* verschlossen. Die Breite der Schlitze beträgt etwa 1 mm, ihre Zahl ist außerordentlich viel größer als in der Zeichnung angegeben. (Die zeichnerische Verbreiterung der Schlitze ist aus Übersichtsgründen geschehen). Auf der geschlitzten Scheibe ruht die ebenfalls geschlitzte Membran, deren Schlitze den Schlitzen der Scheibe parallel und so angeordnet sind, daß sie letztere gerade decken, so daß ein Austritt der Preßluft nicht erfolgen kann. Wird jedoch die Membran mittels des an ihr befestigten und durch die Schallplatte erregten Nadelhebels von der Scheibe gehoben, so kann die Preßluft durch die entstehenden dünnen Spalte entweichen und die im Schalltrichter befindliche ruhende Luftsäule anstoßen. Diese „Modulation" erfolgt im Sinne der Schallschwingungen, die auf der Schallplatte enthalten sind.

Die Durchbildung dieses im Prinzip geschilderten Verstärkers ist nicht leicht gewesen, auch seine Bedienung war stets schwierig. Außerordentlich lästig war die Empfindlichkeit der Apparatur gegen Feuchtigkeit. Die Membran mußte aus mechanischen und elastischen Gründen

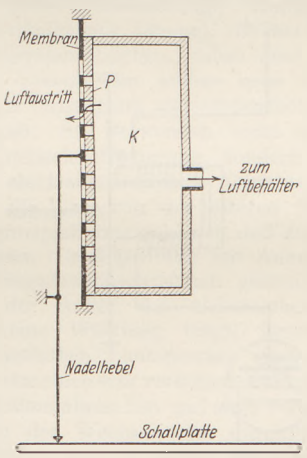


Fig 2.

aus Stahl hergestellt werden. Da sich die Preßluft beim Austritt naturgemäß stark abkühlte (infolge der plötzlichen Ausdehnung), so schlug sich bei geringstem Feuchtigkeitsgehalt der Preßluft Wasserdampf auf der Membran nieder, was bald zum Verrosten der Membran und der Schlitze führte. Trotz Verwendung von Filtern und anderen Mitteln ist es meines Wissens niemals völlig gelungen, der Schwierigkeit Herr zu werden. Auch dieser Verstärker ist heute vergessen.

Darüber hinausgreifend schreitet heute die Sprechmaschinenindustrie sogar bei Herstellung normaler Lautstärken, wie sie in einem Zimmer verlangt werden, mehr und mehr zu Methoden, die den Röhrenverstärker und den elektrischen Lautsprecher benutzen, dessen Ausbildung erst durch die Röhre möglich wurde.

Mit der Einführung des Rundfunks setzte schlagartig eine neue, außerordentlich schnelle Entwicklung des Lautsprechers ein, die neben den technischen Ursachen auch einen wirtschaftlichen Anlaß hatte, ohne den sie nicht möglich gewesen wäre: der große Bedarf, der anspornte und die finanziellen Mittel bereitstellte.

Jede technische Neuerung knüpft an ältere, dem neuen Gegenstande verwandte Formen an; so war das erste Automobil der äußeren Form nach nichts anderes als ein mit einem Motor ausgerüsteter Landwagen, die ersten Dampfschiffe besaßen die Linien der Segelschiffe ihrer Zeit. Die dem elektrisch gesteuerten Lautsprecher am engsten verwandten Geräte waren das Telephon im elektrischen, das Grammophon im akustischen Teil. Deswegen konnten die ersten Lautsprecher im wesentlichen kaum etwas anderes sein als ein Telephon in etwas vergrößerten Dimensionen, dem zum Zwecke genügender Luftkopplung mit der Membran der von der Sprechmaschinenindustrie entlehnte Schalltrichter aufgesetzt wurde; ihn benutzte man seit langer Zeit als einziges bekanntes Mittel, um die von der Schallplatte genommenen Schwingungen der Glimmermembran genügend laut hörbar zu machen.

Alle industriellen Werke mit verschwindenden Ausnahmen, die großen weltbekannten Firmen

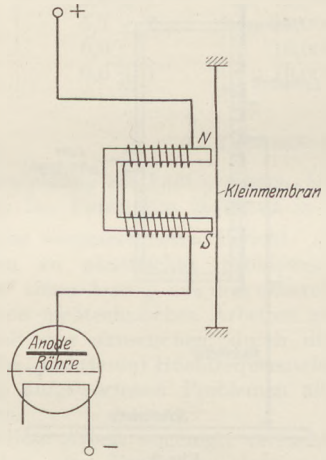


Fig. 3.

nicht ausgeschlossen, haben zunächst diesen Weg beschritten. Ob hier und da einige konstruktive Einzelheiten anders waren, ob hier eine Glimmermembran gewählt wurde, dort die Eisenmembran im Durchmesser etwas größer als die eines normalen Telephons gehalten war, ist ohne Belang. Die Entwicklung ist in allen Ländern, die in diesem Produktionszweig führend tätig waren, die gleiche gewesen. Die Amerikaner haben ebenso wie die Engländer und wir die gleichen Konstruktionsstadien durchlaufen, wobei allerdings hervorzuheben ist, daß sie zeitlich in den ersten Jahren einen erheblichen Vorsprung besaßen. Er ist auch heute teilweise noch vorhanden, teilweise jedoch haben wir inzwischen andere Entwicklungsbahnen selbständig beschritten, in denen wir zur Zeit ohne Zweifel einen Vorsprung besitzen.

Die Bezeichnung „Trichterlautsprecher", welche die Öffentlichkeit der äußeren Form wegen dieser ersten Lautsprecherart gab, traf

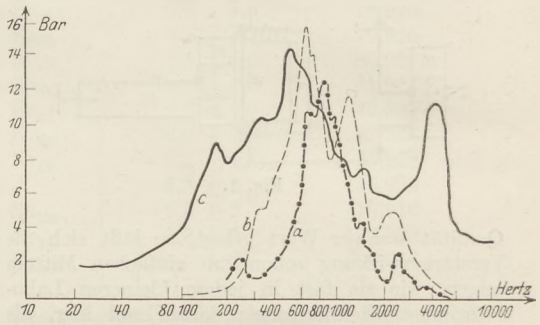


Fig. 4.

technisch nur zu einem Teile das Wesen und die Eigenart der Konstruktion, weil ebenso sehr und mehr noch als der Trichter die Art der Membran und des sprechenden (erregenden) Systems den Charakter des Lautsprechers bestimmte. Die Membran war, wie bereits erwähnt, in allen Fällen nur von geringem Durchmesser und aus Eisen oder Glimmer hergestellt, und das System entsprach in allen wesentlichen Einzelheiten dem eines Telephons, wie es jeder Kopfhörer auch noch heute besitzt. Die Wirkungsweise eines solchen Systems ist zwar allgemein bekannt, soll aber hier nur der Vollständigkeit halber noch kurz beschrieben werden. Die Wickelungen (Fig. 3), durch die der Röhrenwechselstrom (Sprechwechselstrom) fließt, umschlingen die Pole eines permanenten (d. h. also vormagnetisierten) Magneten, dessen Fluß durch den Wechselstrom eine Änderung erfährt. Im Sinne der infolgedessen eintretenden Feldänderungen wird die Membran entweder angezogen oder (bei schwächer werdendem Felde) losgelassen. Diese Art der Steuerung ist in der Technik **reine elektromagnetische Steuerung** genannt worden; die Membran trägt keine Wicklung und nimmt am Steuervorgang nur passiv teil.

Bald nach Fertigstellung und Ingebrauchnahme dieser ersten Lautsprecherform begann eine systematische Untersuchung seiner akustischen und elektrischen Eigenschaften, worüber WENZEL in seiner erwähnten Arbeit eingehend berichtet hat. Nähere Angaben über die Methoden erübrigen sich deswegen. Man erkannte sehr bald die Mängel des Lautsprechers, die vor allem darin bestanden, daß hohe und tiefe Töne entweder äußerst unvollkommen oder gar nicht wieder-

gegeben wurden (Fig. 4)[1]. Kurve a (punktiert) zeigt die typische Frequenzlinie dieses ersten Stadiums. Die Frequenzlinie eines elektromagnetischen Kopfhörers normaler Art, wie er noch heute im Handel ist, unterscheidet sich von dieser Kurve nur leicht insofern, als tiefe Töne etwas mehr betont sind, während die hohen Töne ebenfalls völlig verschluckt werden. Seine musikalischen Reproduktionen erklingen deswegen etwas voller als die eines Trichterlautsprechers[2].

Bevor indessen der Industrie im allgemeinen die an derartigen Kurven gewonnenen wissenschaftlichen Ergebnisse bekannt sein konnten, wurden von ihr andere Lautsprecherkonstruktionen vorgenommen, deren Anlaß zum großen Teil sicherlich die Abneigung der Käufer gegen den Trichter war. Man beschritt damit wenigstens teilweise Wege, die zum brauchbaren Ziel führen sollten. Anstatt des Trichters wurde eine andere Art der „Luftkopplung" gewählt; man konstruierte Großmembranen in der Regel aus Papier, die in Form eines Konus ausgespannt wurden. Die auf diese Weise entstehende große Fläche genügte, um die aufliegende Luftsäule genügend kräftig direkt anzustoßen. Die Membran wurde mit dem Anker des elektromagnetischen Systems, das beibehalten wurde, durch eine Koppelstange starr verbunden. Derartige Lautsprecher wurden zuerst in Amerika gebaut, wo sie den Namen „Conespeaker" erhielten, und bald darauf ohne wesentliche Änderungen von der europäischen Industrie übernommen.

Einen ganz anderen Weg beschritten, diesmal ohne amerikanischen Vorgang, einige deutsche Konstrukteure. Sie benutzten ebenfalls eine Großfläche als Membran, indessen keinen „Konus", sondern flach ausgespannte Metallfolie, die nicht elektromagnetisch, sondern **elektrostatisch** gesteuert wurde. Über diese Lautsprecherart soll weiter unten noch gesprochen werden. Die Frequenzkurve eines sog. Konuslautsprechers mit elektromagnetischem System ist in Fig. 4 (Kurve b) aufgenommen. Sie unterscheidet sich von der Frequenzkurve eines Trichterlautsprechers dadurch, daß das wiedergegebene Frequenzband etwas breiter geworden ist. Höhere Frequenzen, etwa von 3000 Hertz aufwärts, werden ebenso schlecht ausgestrahlt wie beim älteren System.

Die Ausführungsform der elektromagnetischen Steuerung mit Großflächenmembran besitzen zur Zeit die meisten im Handel befindlichen Lautsprecher; sie genügen für geringere Ansprüche im Privatgebrauch. Für größere Anforderungen in bezug auf formgetreue Wiedergabe, zumal bei größeren Räumen (etwa Schulklassen) sind sie jedoch recht mangelhaft. Für solche Zwecke scheiden die rein elektromagnetisch gesteuerten Systeme aus.

Die Verwendung der Großmembran war der erste Schritt auf dem Wege zu neuen Formen, die kein älteres Vorbild besaßen. (In der Sprechmaschinenindustrie ist die Großmembran nur vorübergehend zur Anwendung gekommen und

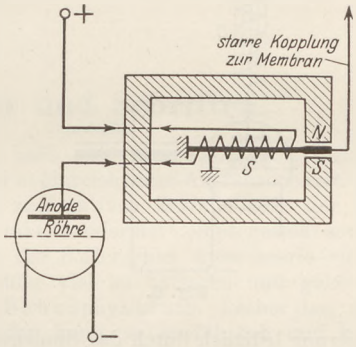


Fig. 5.

bedeutete keine Verbesserung.) Einige Fabrikanten (vorläufig nur wenige), die bei Magnet- und Spulensystem blieben, haben auch für das sprechende System eine andere neue Form geschaffen, die einen ganz außerordentlichen Fortschritt ergab. Sie verwenden nicht mehr die elektromagnetische Steuerung, sondern sind zu der sog. **elektrodynamischen Steuerung** übergegangen, die sich von der älteren Steuerung dadurch prinzipiell unterscheidet, daß das schwingende System (Großmembran mit Anker) direkt von den Sprechwechselströmen gesteuert wird. Während der Anker des elektromagnetischen Systems keine Wicklung trägt, besitzen alle elektrodynamischen Lautsprecher einen schwingenden, im einzelnen sehr verschieden ausgeführten, mit der Großmembran fest und starr verbundenen Leiter, den der Wechselstrom durchfließt; der Leiter befindet sich in einem entweder durch permanente Magnete (bei den kleineren Typen) oder durch Elektromagnete erzeugten starken Feld, wodurch die Steuerung ermöglicht wird. Im wesentlichen lassen sich drei Ausführungsformen des elektrodynamischen Prinzips unterscheiden, wobei allerdings insofern eine Einschränkung nötig ist, als das in der Folge zunächst genannte System nicht rein elektrodynamisch wirkt, sondern einen Übergang zwischen diesem und dem rein elektromagnetischen Antrieb darstellt. Zwischen den Polen eines (permanenten) Magneten (Fig. 5) schwebt einpolig ein eiserner

[1] Die Kurven verdanke ich Herrn Dr. ERWIN MEYER vom Reichspostzentralamt, wofür ich an dieser Stelle Herrn Dr. MEYER meinen besten Dank ausspreche.

[2] Die Ansicht, daß ein Kopfhörer besser spreche als ein Lautsprecher, war früher fast allgemein verbreitet. Sie dürfte indessen kaum aus der Tatsache der etwas besseren Betonung tiefer Töne herrühren, sondern wurde veranlaßt durch die auch heute noch oft gänzlich unzureichende Steuerung des Lautsprechers durch seinen Verstärker. Die elektromagnetischen Trichterlautsprecher waren nicht gut, aber nicht so schlecht wie ihr Ruf. Die modernen Lautsprecher sind allerdings besser und übertreffen an Klangwirkung bei weitem den Kopfhörer normaler Art. Aber es bedarf dazu eben einer verzerrungsfreien Steuerung durch den Verstärker.

Anker, dessen anderes Ende federnd auf einem Sockel angebracht ist, so daß der Anker zu schwingen vermag. Durch die feste Spule *S*, die so angebracht ist, daß der Anker in seiner Bewegung nicht behindert wird, fließt der Wechselstrom. Dieses System, das in der Praxis in sehr brauchbaren Lautsprechern ausgeführt worden ist, wird wohl in absehbarer Zeit durch das rein elektrodynamische Prinzip verdrängt werden, von dem es zwei Ausführungsformen gibt. Wird (in Fig. 5) der Eisenanker fortgelassen und dafür die Spule schwingend axial zwischen den Polen des Magneten angebracht, die mit der Großmembran starr verbunden wird, so erfolgt

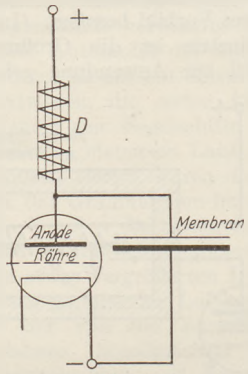


Fig. 6.

die Steuerung lediglich durch das Spulenwechselfeld, das die Spule selbst bewegt, während Eisen nur noch zur Aufrechterhaltung des (konstanten) Magnetfeldes benötigt wird.

Die reinste Form des elektrodynamischen Systems ist in dem bekannten Großlautsprecher von Siemens, dem „Blatthaller", gefunden worden. Hier wird das konstante Feld durch kräftige Elektromagnete erzeugt, zwischen denen ein vom Strom durchflossener Draht (nach Art eines Saitengalvanometers) schwingt. An diesem sprechenden Draht ist die Großmembran, das sog. Blatt, befestigt, das nach Angabe der Firma Siemens eine Parallelverschiebung ausführt. Der Lautsprecher wird für größte Räume ausgeführt und hat hervorragende Eigenschaften. Die für seinen Betrieb aufzuwendenden Leistungen sind allerdings sehr bedeutend, die Ausgangsröhren arbeiten mit einer Anodenspannung von 1500 Volt.

Die Tatsache, daß verhältnismäßig wenige Firmen das elektrodynamische System in dieser oder jener Form benutzen, läßt darauf schließen, daß eine gute Konstruktion schwierig ist. Tatsächlich ist wohl für einen kleineren Lautsprecher, bei welchem eine elektromagnetische Erregung zu umständlich wird, ein guter, auch auf die Dauer ein starkes Feld haltender permanenter Magnet schwierig herzustellen. Indessen werden auch noch andere Schwierigkeiten vorhanden sein, einen guten Lautsprecher dieser Art zu fabrizieren. Die Unterschiede in der Güte der Wiedergabe zwischen dem elektromagnetischen und elektrodynamischen System sind sehr bedeutend. In Fig. 4c ist die Kurve eines elektrodynamischen Lautsprechers angegeben. Sie ist augenfällig besser als die anderen Kurven. In der Praxis wirken sich die weit besseren Eigenschaften durch eine viel klangvollere Wiedergabe, bessere Abbildung der Sprache und weit tiefere musikalische Betonung und Tonung aus. Wer längere Zeit einen solchen Lautsprecher benutzt hat, wird kaum wieder Genuß am elektromagnetischen Lautsprecher haben. Allerdings ist darauf zu achten, daß die Erregung des Lautsprechers durch eine gute emissionsreiche Röhre erfolgt, die mit hoher Spannung (mindestens 150 Volt, besser 200 Volt) bei richtig gewählter Vorspannung bedient wird. Der Emissionsbedarf solcher Röhren ist so groß, daß eine normale Anodenbatterie bald versagt. Nur Anodenakkumulatoren oder Netzanodenbatterien, die in manchen Exemplaren ja schon ganz vorzüglich sind, können eine solche Röhre und einen solchen Lautsprecher auf die Dauer wirksam und ausreichend versorgen.

Während der Streit zwischen elektromagnetischer und elektrodynamischer Steuerung zugunsten der letzteren entschieden ist, scheint sich zwischen diesem und einem grundsätzlich anderen System, das bereits vorhin kurz erwähnt wurde, der Kampf erst anzubahnen, dessen Austrag vielleicht erheblich schwieriger werden und länger dauern dürfte.

Die **elektrostatischen Lautsprecher** benutzen als physikalische Grundlage die mechanische Anziehung zweier elektrisch geladener Leiter aufeinander (Kondensatorplatten). Eine Ausführung dieses Systems kam bereits sehr früh, nicht viel später als die Trichterlautsprecher, auf den Markt, doch scheiterte ihre brauchbare Benutzung nach Ansicht des Verf. damals an der noch gänzlich unzureichenden Emission der Verstärkerröhren. Eine prinzipielle Schaltung des elektrostatischen Systems ist in Fig. 6 angegeben. Die Zuführung des Anodenstromes zur Röhre geschieht durch eine Drossel *D* von hoher Induktivität, die praktisch so groß sein muß, daß sie für alle Tonfrequenzen einen sehr großen Widerstand bildet. Die auftretenden Wechselspannungen dienen zur Ladung des (Lautsprecher-) Kondensators. Die Frequenzkurven derartiger Lautsprecher können ausgezeichnet sein und ähneln der Kurve c des elektrodynamischen Lautsprechers (Fig. 4). Es ist heute noch unmöglich zu sagen, welches System in Zukunft herrschend sein wird, zur Zeit ist wohl das elektrodynamische Prinzip dem elektrostatischen überlegen. Übrigens geben Frequenzkurven und Amplitudenkurven nicht allein den Ausschlag für die Güte eines Lautsprechers. Bei Prüfung eines Lautsprechers macht man häufig die Erfahrung, daß trotz guter Frequenz- und Amplitudenkurve der Lautsprecher eine sehr schlechte Wiedergabe besitzt. Die Ursachen hierfür bilden auch bereits Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen, deren Besprechung jedoch nicht in den Rahmen dieses Berichtes gehört. Es sei deswegen nur so viel gesagt, daß es sich dabei um Bestimmung einer Größe handelt, für die KÜPFMÜLLER den Namen „Klirrfaktor" geprägt hat.

Zum Schluß sei noch eine kurze Bemerkung gestattet, die allerdings nur mittelbar das vorliegende Thema berührt. Man liest und hört oft die Äußerung, daß dieser Lautsprecher sich besser für Musik, jener für Sprache eigne. Solchen Behauptungen gegenüber muß festgestellt werden, daß es derartige spezielle Eignungen nicht gibt! Ein Lautsprecher, der musikalische Darbietungen verzerrt wiedergibt, wird auch die menschliche Sprache schlecht übermitteln. Der beste Lautsprecher für Musik ist auch der beste Lautsprecher für Sprache. Das ist nicht nur theoretisch nachzuweisen, sondern auch durch den Versuch jederzeit festzustellen. Freilich ist es keineswegs leicht zu entscheiden, ob eine musikalische Darbietung gut wiedergegeben wird, ob dieses Instrument originalgetreu oder jenes Instrument in richtiger porportionaler Lautstärke kommt. Ein authentisches Urteil wird hierüber letzten Endes nur der Fachmann (also der Musiker) geben können. Zu entscheiden, ob Sprache gut oder schlecht abgebildet ist, dürfte jedenfalls weit leichter sein, wenngleich auch hier eine absolute Feststellung keineswegs jedem gelingt. Das Urteil jedoch (das man oft genug hören kann), daß ein Lautsprecher für Sprache schlecht, für Musik dagegen gut sei oder umgekehrt, deutet stets auf eine mangelhafte Beobachtungsgabe bzw. ein schlechtes Gehör hin.

Anmerkung der Schriftleitung: Eine Namennennung von Lautsprechern mußte in dem Bericht des Herrn Dr. Moeller aus naheliegenden Gründen unterbleiben. Bei Anfragen gibt die Staatliche Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht gern Auskunft über die ihrer Ansicht nach zur Zeit brauchbarsten Typen.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Oberstufe der Physik nach A. Höflers Naturlehre für die höheren Lehranstalten, in fünf Auflagen bearbeitet von Friedrich Poske. In sechster, vollständig neu bearbeiteter Ausgabe verfaßt von Bernhard Bavink. 434 S. mit 440 Abb. und 6 Tafeln. Mit einem Anhang über Astronomie und mathematische Erdkunde. Braunschweig 1926. Fr. Vieweg u. Sohn, Akt.-Ges. Geb. RM 5.20.

Das Poskesche Lehrbuch ist hier in einer völligen Umarbeilung herausgekommen. Vom Alten ist nicht viel geblieben. Poske selbst hat noch vor seinem Tode an eine Neubearbeitung und Umgestaltung seiner „Oberstufe“ gedacht, aber es muß dahingestellt bleiben, ob nicht vieles Wertvolle daraus auch in die neue Auflage hätte übernommen werden können. Bavink hat das Buch nahezu neu verfaßt und ist dabei meines Erachtens weit über das Ziel hinausgegangen. Er hat die beiden großen umfassenden Aufgaben des Physikunterrichts vor Augen gehabt, die Methoden der Forschung und das physikalische Weltbild den Schülern zu vermitteln. Die zweite stellt er mit Recht als die wichtigere hin, zumal nur eine Schulgattung über die zur Durchführung von Schülerübungen nötige Stundenzahl verfügt. Demgemäß sucht er den Schülern die Physik als selbständige Wissenschaft vor Augen zu führen, nicht als „Mittel zum Zwecke der Technik“, wenn auch diese in dem Buche den ihr gebührenden Platz einnimmt. Er bemüht sich, bis zu den Grundlagen des heutigen physikalischen Weltbildes, bis zur vordersten Front der Forschung zu führen. Darin liegt eine sehr große Gefahr, die in einem Schulbuch, das für alle Schüler bestimmt ist, unbedingt vermieden werden muß. Leider schießt der Bearbeiter hier übers Ziel hinaus. Wenn man in einem Schulphysikbuch von Röntgenspektroskopie und -spektren, von Kristallgittern liest, so wird man diese Kost doch nur Schülern vorsetzen können, die hoch über dem Durchschnitt stehen, dann aber in hinreichender Ausführlichkeit. Das Gesetz des radioaktiven Zerfalls oder der Abbau der Atomkerne oder der Comptoneffekt sowie manches aus der Bohrschen Atomtheorie sind doch für Schüler viel zu entlegen und gehören nicht in ein Schulphysikbuch. Lieber das, was geboten werden kann, so ausführlich und klar wie nur möglich, besonders wenn es sich um Dinge handelt, die wir selbst erst vor kurzem kennen gelernt haben und die zu verstehen noch manchem Physiklehrer Schwierigkeiten bereitet. Auch § 408 „Die Spektralklassen der Fixsterne“ geht für ein Schulbuch zu weit, gar nicht zu reden von dem § 414, der die Theorien der „Entwicklung der Fixsterne“ nach Russel behandelt (auf etwa 1 Seite!). Und ob man in der Behandlung der Fortpflanzung des Lichtes in Kristallen (Wellenfläche usw.!) dem Bearbeiter im Unterricht wird folgen können, erscheint mir auch sehr fraglich. Zur Molekularluftpumpe hätte, wenn sie überhaupt erwähnt werden soll, ebenfalls eine ausreichende Erläuterung gegeben werden müssen. Betont sei noch, daß in dieser neuen Bearbeitung die Differential- und Integralrechnung auch grundsätzlich verwendet worden sind. Hier hat Bavink einen Mittelweg eingehalten und bringt nur so weit mathematische Physik, wie sie ein guter Schüler erfassen kann. Das gleiche gilt für die Relativitätstheorie; auch hier geht er vorsichtig vor und bringt nur die Grundgedanken. Soll man sich überhaupt im allgemeinen Unterricht darauf sehr einlassen oder nicht, besser dieses Gebiet der Behandlung in einer Arbeitsgemeinschaft überlassen? So ist das Buch in seiner neuen Gestalt, deren zum Teil eigene Ausstattung erwähnt sei, wohl für einen Studenten in den ersten Semestern brauchbar, für 18jährige Schüler aber im allgemeinen nur teilweise, aber nicht da, wo es den Trennungsstrich zwischen der Physik als Kulturgut und der Physik als

Spezialwissenschaft überschreitet. Stoff für Arbeitsgemeinschaften sehr interessierter und befähigter Schüler können die erwähnten Gebiete wohl bilden, doch müssen sie dann in ausreichender Ausführlichkeit dargeboten werden.

A. Wenzel.

Technische Physik für technische Lehranstalten und zum Gebrauch in der Praxis. Band II: Wärme — Optik — Elektrizität. Von G. Wiegner und P. Stephan. Dritte, neu bearbeitete Auflage. Berlin und Leipzig 1927, B. G. Teubner. VII und 350 Seiten. 352 Abbildungen. Geb. RM 8.80.

Vor einiger Zeit ist an dieser Stelle (Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr. Bd. 40, S. 287, 1927) der erste Band des Werkes besprochen worden. Über Ziel, Richtung und Anlage des zweiten Bandes gilt genau dasselbe wie für den ersten. Auch er ist für Schüler technischer Schulen bestimmt. Behandelt werden in vier Hauptteilen Wärmelehre, Optik, Wellenlehre, Elektrizität. Wie beim ersten Band wird manches, was für den Techniker weniger Wichtigkeit hat, weit kürzer behandelt als sonst in Schulbüchern, z. B. die optischen und elektrischen Wellen (zusammen 2½ Seiten). Diesem und jenem mag man nicht gern beistimmen, z. B. daß es vier Elektrizitätsarten gibt, von denen die eine die Thermoelektrizität ist, und von denen die für den angehenden Techniker zunächst wichtigste der Galvanismus ist (gemeint und zum Teil gesagt ist Erzeugungsart). Die sonst überwundene Unterscheidung zwischen elektromagnetischer und Elektroinduktion ist wenig glücklich. Auch sonst läßt sich manches einwenden, z. B. gegen die Formulierung des zweiten Hauptsatzes; das Schaltschema zur Lilienfeld-Röhre ist unvollständig und nicht verständlich.

Aber mit solchen Einwendungen trifft man das Wesentliche des Buches nicht. Das besteht einmal in dem durchweg klaren und leicht faßlichen Stil, zum andern in der steten Beziehung zur Praxis. Ein Beispiel: § 3 behandelt die Temperaturmeßinstrumente; er umfaßt 15 Seiten. Wir finden da Flüssigkeitsthermometer (Quecksilberthermometer ohne und mit Stickstoffüllung — solche aus Quarz reichen bis 750°, Höchstdruck des Stickstoffes 60 Atm. —, Weingeist-, Pentan-, Quecksilber-Feder-, Registrier- und Fernthermometer), Gasthermometer (ganz kurz), Thermostreifen aus Bimetall, Graphitthermometer (Stahlrohrschaft mit Graphitstab, für 600 bis 1000°), Segerbrennkegel, Schmelzmetallstreifen, elektrische Widerstandsthermometer, thermoelektrische Pyrometer, endlich Strahlungspyrometer verschiedenster Form und Konstruktion. Beim Kapitel über Feuchtigkeit lernen wir ein für Trockenräume, Malzdarren usw. wichtiges Fernpsychrometer kennen (die Bezeichnungen der Abb. 57 stimmen freilich nicht mit denen des Textes überein). Bei Besprechung der geothermischen Tiefenstufe hören wir, daß das tiefste Bohrloch in Europa 2251 m, in Amerika 2440 m, der tiefste Schacht (Goldbergwerk in Transvaal) 2150 m tief ist. Und so ist es auf Schritt und Tritt. Fast jedem Abschnitt sind ferner durchgerechnete Musterbeispiele und zahlreiche, wirklich der Praxis entnommene Aufgaben beigegeben. Aus demselben Grunde, aus dem ich es beim ersten Bande getan habe, möchte ich auch diesen Band nicht nur Technikern und angehenden Physikstudenten, sondern vor allem auch den Physiklehrern empfehlen; sie werden viel Wertvolles darin finden, was sie in dieser oder jener Form aufs beste im Unterricht verwerten können.

E. Lamla.

F. Albrecht, H. Voigts, A. Paech: Grundzüge der Meteorologie und ihre unterrichtliche Behandlung in Volks- und höheren Schulen. Berlin 1927, O. Salle. Geh. RM 8.—, geb. RM 10.—.

Ähnlich wie in dem bekannten Buch von Linke und Clössner: „Der wetterkundliche Unterricht“ haben sich hier Vertreter der Meteorologie und des Schulfachs zusammengefunden, um die Meteorologie in einem für die Hand des Lehrers gedachten Werk zu behandeln. So begrüßenswert diese Zusammenarbeit auf der einen Seite ist, so hat doch im vorliegenden Falle entschieden der systematische Aufbau des Buches durch die Vermehrung der Zahl auf drei an getrennten Wohnsitzen lebenden Verfasser sichtlich gelitten. Sehr ungleich ist auch der Wert der einzelnen Kapitel, bei denen nicht kenntlich gemacht ist, ob sie der Feder eines einzelnen Verfassers entstammen oder durch Zusammenarbeit entstanden sind. Am wenigsten ist der erste Teil, physikalische Meteorologie, gelungen, leider ist er sogar mit Fehlern behaftet, wie z. B. der falschen Erklärung über die Entstehung der Graupeln. Für die Darstellung der Klimalehre ist eine neuartige Form gewählt worden, die das Klima als Zusammensetzung aus einzelnen Wettertypen betrachtet. Der Versuch ist interessant, macht indessen den ersten allgemeinen Überblick, den nun einmal die alte geographisch-statistische Methode allein bieten kann, nicht entbehrlich. Sehr gut ist der wetterkundliche Teil ausgefallen, dem man lediglich vorwerfen könnte, daß er schon Dinge mit anschneidet, die vorläufig noch zu problematisch sind, um der Allgemeinheit vorgetragen zu werden. Durchgängig rückt das Buch die Wetterkunde so in den Vordergrund, daß manche anderen Zweige der Meteorologie, wie das Beobachtungswesen und die schon erwähnte statistische Klimatologie nicht in dem Maße zu Wort kommen, wie nach dem Titel und Umfang des Buches zu erwarten ist. Der Lehrer, der noch keine eigenen Erfahrungen in der unterrichtlichen Behandlung meteorologischer Dinge hat sammeln können, wird durch einen besonderen Teil „Methodik des wetterkundlichen Unterrichts“ auf seine Aufgabe vorbereitet, aus dem er viel Nutzen ziehen kann. Überhaupt wird das Buch im ganzen bei dem erfreulichen Bestreben nach vermehrter Aufnahme der Meteorologie in den Unterricht viel Anklang finden.

Dr. W. König.

Wetterkarte und Wettervorhersage. Von B. Tzschirner. (Bd. 5 der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bücherei.) Berlin 1927, O. Salle. Gebunden RM 1.80.

Luftelektrizität. Von H. Voigts. (Bd. 14 der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bücherei.) Berlin 1927, O. Salle. Gebunden RM 2.40.

Beide Büchlein sind wohl geeignet zur Einführung in den durch den Titel gekennzeichneten Gegenstand und können vom Lehrer wie von Schülern der Oberklassen höherer Lehranstalten mit Vorteil benutzt werden. Für das erstgenannte Büchlein lag allerdings bei der gerade neuerdings oft gebotenen Darstellung der Wetterkunde vielleicht kein dringendes Bedürfnis vor, dafür füllt das Voigtssche Werkchen über die Luftelektrizität mit seinen zahlreichen Hinweisen auf einfachste Versuche und Beobachtungen auf diesem Grenzgebiet zwischen Physik und Meteorologie gut eine bisher in der Literatur bestehende Lücke aus. *Dr. W. König.*

Anleitung zu genauen technischen Temperaturmessungen. Von Osc. Knoblauch und K. Hencky. 2., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. 174 Seiten mit 74 Textabbildungen. München und Berlin 1926, R. Oldenbourg. Geh. RM 9.—, geb. RM 12.—.

Gegenüber der ersten 1919 erschienenen Auflage des Buches zeigt die vorliegende zweite ein neues Bild. Das Buch geht von den Gesetzen der Wärmeübertragung und deren Anwendung in der praktischen Thermometrie aus, die eingehend behandelt werden. Dann folgen die Anwendungen der Thermometer in der Praxis, die deutlich zeigen, mit wieviel größeren Schwierigkeiten die technische Physik bei Temperaturmessungen zu kämpfen hat als die reine Physik im Laboratorium. Der interessanteste Teil ist aber wohl für den Lehrer der Physik und Chemie der dritte, der eine „Beschreibung der Temperaturmeßgeräte“ liefert, die durch die numerischen und kritischen Angaben erheblich an Wert gewonnen hat. Hier findet man die Flüssigkeitsthermometer, das Thermoelement, das Widerstandsthermometer, Apparate zur Kontrolle der Temperatur-Meßinstrumente und das Strahlungspyrometer. Drei Zahlentafeln mit wichtigen Angaben über Wärmeleitung, Wärmeübergangszahlen und Strahlungszahlen der verschiedensten Stoffe beschließen das Buch, dessen Studium auch dem Physik- und Chemielehrer viel Wissenswertes und Interessantes bietet. *A. Wenzel.*

Einführung in die theoretische Optik. Zum Gebrauch bei Vorträgen sowie zum Selbstunterricht. Von Max Planck. Leipzig 1927, S. Hirzel. VII und 184 Seiten. 24 Figuren.

Das Buch bildet den vierten Band der „Einführung in die theoretische Physik“ neben den Einführungen in die allgemeine Mechanik, in die Mechanik deformierbarer Körper und in die Theorie der Elektrizität und des Magnetismus. Es füllt eine schon lange schmerzlich empfundene Lücke. Zusammen mit der Thermodynamik und der Wärmestrahlung umfassen die Planck schen Lehrbücher jetzt alle Gebiete der theoretischen Physik. Jeder, der als Student bei Planck hat hören können, weiß, daß dieser zwei Eigenschaften in sich vereint, die nur selten zusammen angetroffen werden: die Eigenschaften des großen Gelehrten und des vorzüglichen Lehrers. Die hohe Kunst der Darstellung, die Planck eigen ist (und die sich äußerlich in der Auflagenzahl der früheren Werke widerspiegelt), gibt auch dem vorliegenden Band das Gepräge. Der Text ist überall von unvergleichlicher Klarheit und Anschaulichkeit. Behandelt werden in drei Abschnitten die Optik isotroper homogener Körper, die Kristalloptik und die Dispersion homogener Körper. Das letzte Kapitel des Buches (geometrische Optik inhomogener Körper; Beziehungen zur Quantenmechanik), das die Begriffe Signal-, Front-, Phasen- und Gruppengeschwindigkeit behandelt, und das eine erste Einführung in die Quantenmechanik Schrödingers gibt, zeigt die Darstellungskunst des Verfassers in höchstem Grade. Jeder Physiker, insbesondere auch jeder Physikstudent, wird das Buch mit großem Genuß und mit höchstem Gewinn lesen. *E. Lamla.*

Elektrostatische Versuche mit Anwendung des Universalelektroskops. Von Theodor Wulf. Berlin und Bonn 1928, Ferd. Dümmlers Verlag. Preis: kart. RM 2.85.

Das 85 Seiten umfassende kleine Buch bringt zunächst eine Beschreibung und Gebrauchsanweisung des in dieser Zeitschr. Jahrg. 38 (1925) S. 217 u. 222 veröffentlichten Universal-Elektroskops von Theodor Wulf. Der Apparat wird von der Firma E. Leybolds Nachf. Köln und Berlin gebaut und erfreut sich schon jetzt einer großen Beachtung. Die sodann beschriebenen 98 Versuche erstrecken sich auf die Grundgesetze der Elektrostatik, auf elektrostatische Induktion und Kondensation, auf die Überleitung von der Elektrostatik zur Dynamik, auf Radioaktivität (Zählung der Alphateilchen), auf Ionen und Elektronen in Gasen. Zum Schluß werden Methoden zur Eichung des Universalelektroskops und einige Versuche mit dem geeichten Elektroskop über das Potentialgefälle in der Atmosphäre und die Leitfähigkeit der Luft beschrieben.

Jedem Lehrer der Physik, der mit der Neueinrichtung einer physikalischen Sammlung zu tun hat oder sich damit beschäftigt, seine Elektrizitätslehre etwas zu modernisieren, muß die Anschaffung des Büchleins auf das wärmste empfohlen werden. Es wird ihm viel Anregung geben und ihm ein Leitfaden bei seinen Bemühungen sein. Sobald man beim Unterricht in der Reibungselektrizitätslehre über das Elementarste etwas hinausgeht, stellt sich das Bedürfnis nach einem besseren Elektrometer ein. Es sollte kein Physiklehrer, ehe er an die Beschaffung eines solchen Apparates herangeht, verabsäumen, sich zum mindesten an Hand des Büchleins ein Urteil über die Leistungsfähigkeit

des Universalelektroskops von Th. Wulf zu bilden. Es ist in der Tat ein „Universal-Elektroskop", das mir berufen scheint, in der Elektrizitätslehre die Rolle zu übernehmen, die in der Wärmelehre das Looser sche Thermoskop an sich gerissen hat. Ich bin der Meinung — um ein Wort von Th. Wulf zu gebrauchen —, daß es gewiß dazu helfen wird, „den Phasenwinkel zwischen Forschung und Unterricht zu verkleinern".

Steindel.

Probleme der γ-Strahlung. Von Fritz Kohlrausch. 155 Seiten mit 27 Abbildungen. Braunschweig 1927, Fr. Vieweg & Sohn. (Sammlung Vieweg, Tagesfragen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften und der Technik, Heft 87/88.) Geh. RM 10.—.

Aus der Feder eines Forschers, der selbst auf dem Gebiete der γ-Strahlung zur Aufklärung vieler Probleme wesentlich beigetragen hat, liegt hier eine ausgezeichnete Monographie über die Probleme der γ-Strahlung vor, die um so mehr noch zu begrüßen ist, als sie die erste über dieses Gebiet bisher ist. Nach einer Einleitung, worin der mit den γ-Strahlen verknüpfte Erscheinungskomplex behandelt wird und einige theoretische Fragen erörtert werden, werden die Beziehungen der γ-Strahlen zur elektromagnetischen Theorie und zur Lichtquantentheorie dargelegt. Hier spielt der Comptoneffekt eine große Rolle; er wird daher auch sehr ausführlich und klar behandelt. Beobachtungen an einzelnen γ-Impulsen (Zählungen und Sichtbarmachung der Sekundärelektronen) folgen, und daran schließt sich die Bestimmung der Wellenlänge der γ-Strahlung aus ihrem Photoeffekt. Wärmewirkung und ionisierende Wirkung sowie die Absorption und Streuung der γ-Strahlen bilden den Inhalt der nächsten Abschnitte. Die Sekundärstrahlung beschließt das Tatsachen- und Beobachtungsmaterial, während der letzte Abschnitt in einer Zusammenfassung aller Probleme und ihrer bisherigen Lösung Wege weist, auf denen zur Lösung der vielen noch ungelösten Probleme und Fragen vorgedrungen werden kann. Sehr wertvoll ist es, daß der Verfasser die Abschnitte über Absorption und Streuung der γ-Strahlen, d. h. die Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie, sehr ausführlich behandelt hat, was ihm um so leichter fiel, als er selbst gerade auf diesem Gebiete einer der besten Kenner aus eigener Forschung ist. So hat er uns ein Buch beschert, das jeder Physiker gern in seinen Mußestunden studieren wird, um sein Wissen zu erweitern, um nicht zu veralten.

A. Wenzel.

Beiträge zur Dynamik des Himmels und andere Aufsätze. Von Rob. Mayer. (Nr. 223 von Ostwalds Klassikern. Herausgegeben von B. Hell.) 104 Seiten. Leipzig 1927, Akad. Verlag. Geb. RM 4.80.

Während die Hauptschriften Mayers, in denen die Erhaltung der Energie behandelt wird, bereits in Nr. 180 der gleichen Sammlung erschienen, werden jetzt noch die „Beiträge zur Dynamik des Himmels" von 1848 allgemein zugänglich gemacht, denen noch kleinere Vorträge „über notwendige Konsequenzen und Inkonsequenzen der Wärmemechanik" (1869), „über Erdbeben" (1870), „über die Ernährung" (1871) und „über Auslösung" (1876) folgen, deren letzter Mayers letzte Veröffentlichung bildet. In der erstgenannten Schrift findet sich vor allem Mayers Ansicht über die Wiedererstattung der ausgestrahlten Sonnenenergie durch den Aufsturz von Meteoren begründet, eine Lehre, die noch heute neben Helmholtz' Kontraktionstheorie als gleichberechtigt anerkannt ist. Mayer handelt dann von der Verlangsamung der Erdrotation durch die Gezeiten und von der durch die Verkleinerung des Erddurchmessers infolge Abkühlung bedingten Beschleunigung ihrer Drehung. Beide Wirkungen sollen sich in der historisch bekannten Periode der Erdentwicklung nahezu das Gleichgewicht halten, während früher die Verkürzung der Tagesdauer durch Zusammenziehung, in der Zukunft jedoch die Verlängerung derselben durch die Gezeiten das Übergewicht habe. Viele der von Mayer in den vorliegenden Schriften geäußerten Ansichten werden gegenwärtig mit starken Fragezeichen zu versehen sein, aber interessant sind selbst die Irrtümer großer Männer. So wird man erstaunt sein, wenn Mayer noch 1869 die Bewegung des Sonnensystems gegen den Fixsternhimmel für unvereinbar hält mit den beobachteten Aberrationserscheinungen (S. 65), obgleich doch seit Herschel und Argelander zahlreiche Astronomen an der genaueren Bestimmung des Sonnenapex gearbeitet haben, ohne den leisesten Zweifel an der Realität der Sonnenbewegung zu hegen.

F. Koerber.

Die Dämmerungserscheinungen. Von Prof. Dr. P. Gruner und Dr. H. Kleinert. 124 Seiten mit 30 Figuren, 6 farbigen Tafeln, einem mehrfarbigen Übersichtsblatt und 11 Tabellen. Hamburg 1927, Henri Grand. Geh. RM 11.—.

Eine Fülle zumeist neuen Schweizer Beobachtungsmaterials über die Dämmerungserscheinungen ist in der vorliegenden, der Jensen-Schwassmannschen Sammlung „Probleme der kosmischen Physik" zugehörigen Schrift verarbeitet. Nicht nur mit Worten wird das prächtigste und dabei so leicht und oft zu genießende Naturschauspiel in allen seinen Phasen geschildert, sondern seine Schönheit wird auch durch 6 wohlgelungene Farbentafeln, die einen äußerst angenehmen, künstlerischen Eindruck machen, dem Auge sichtbar vorgeführt. Vielleicht hätte sich bei der sonst so detaillierten Beschreibung des Ablaufs sowohl der normalen, als auch der gelegentlich durch atmosphärische Störungen besonders glanzvoll sich entwickelnden Phänomene ein Hinweis auf die in Norddeutschland gar nicht sehr seltenen senkrechten Lichtsäulen über dem Sonnenpunkte empfohlen. Auch den im Anschluß an die berühmte Krakataustörung mehrere Jahre hindurch in Deutschland sichtbar gewesenen leuchtenden Nachtwolken, über die Jesse 1885 im ersten Bande der Zeitschrift „Himmel und

Erde“ ausführlich berichtet, hätten wir eine etwas breitere Darstellung gewünscht, ist doch durch diese Erscheinung unsere Kenntnis darüber, bis zu welch' großen Höhen feiner Staub gelegentlich angetroffen wird, und wie lange er sich in denselben schwebend halten kann, erheblich erweitert worden. — Dem beschreibenden Teil folgt von Seite 88 ab ein theoretischer, in dem eine Erklärung der Beobachtungen versucht wird. Naturgemäß mußte dieser Abschnitt etwas dürftig ausfallen, denn die Ableitungen Rayleighs über die Lichtzerstreuung an kleinsten Teilchen oder die Berechnungen Blumers sind viel zu schwierig, um gemeinverständlich wiedergegeben werden zu können. Die Ergebnisse dieser und anderer Forscher werden daher hier ohne Beweis mitgeteilt. Die Verff. begnügen sich im wesentlichen mit einer an Hand der farbigen, einen Vertikalschnitt durch die Dämmerungszone darstellenden Übersichtstafel ausgeführten Verständlichmachung der im Verlauf der Dämmerung nacheinander am Himmel auftretenden Farbenspiele. Wer mit hinreichenden mathematischen Fähigkeiten ausgerüstet ist und eindringendere, theoretische Aufschlüsse sucht, wird solche in Pernter-Exners meteorologischer Optik (2. Auflage von 1922) finden. *F. Koerber.*

Fixsternbeobachtungen mit einfachen Hilfsmitteln. Von Prof. Dr. J. Plassmann. 120 Seiten mit 11 Abb. Berlin 1927, O. Salle. Geb. RM 3.40.

Freunde der Sternkunde möchten sich meist gern durch eigene Beobachtungen am Himmel in einer für die Wissenschaft förderlichen Weise betätigen. Da ihnen kostbare Meßinstrumente nicht zur Verfügung stehen, kann es sich natürlich nur um wenige Gebiete handeln, auf denen ihre Mitarbeit wirklich von Nutzen sein wird. Neben Einzeichnungen von Sternschnuppen und Meteorbahnen, unter Umständen auch Kometenschweifen, sind es hauptsächlich Fixsternbeobachtungen, so weit sie mit freiem Auge oder einem Theaterglas ausführbar sind, die hier empfohlen werden können. Das vorliegende Büchlein gibt für Fixsternbeobachtungen, namentlich an veränderlichen Sternen, die nötige Anleitung und ist durch sonst schwer erhältliche Angaben über die Epochen der Maxima und durch beigefügte Kärtchen zur Aufsuchung der Beobachtungsobjekte und geeigneten Vergleichssterne sehr wertvoll. Auf Stufenschätzungen beruhende Beobachtungen von eingeübten Liebhabern sind wohl geeignet, photometrische Messungen der Fachleute zu ergänzen. Ähnliches gilt von mancherlei anderen Beobachtungen, auf die in dem Büchlein hingewiesen wird. Die eingestreuten Tabellen sind zum Teil infolge unzureichender Beschriftung schwer verständlich, das gilt z. B. für die Seite 113, sowie Seite 85 und 86 gegebenen Tabellen. Schüler oberer Klassen, aber auch Lehrer, können unter Benutzung des Buches gute Mitarbeit leisten. *F. Koerber.*

Zweite Sammlung astronomischer Miniaturen. Von E. und P. Strömgren. Berlin 1927, Julius Springer. V u. 154 Seiten mit 41 Abbildungen, 2 Stereoskopbildern und 1 Tafel. Geh. RM 6.60.

Sehr verschiedenartige Gegenstände behandelt diese zweite Sammlung astronomischer Essays, an deren Abfassung neben Elis Strömgren mit 3 Kapiteln dessen Sohn Bengt sich beteiligt hat. Für jedermann verständlich und fesselnd sind die Kapitel über das Zeiß-Planetarium und über amerikanische Astronomie, auch die Darstellung des Zweikörperproblems und der Entwicklung der Zeitbestimmung („vom Gnomon zum Meridiankreis“) kann als durchaus populär bezeichnet werden. Die übrigen 7 Kapitel bilden sehr schweres Geschütz und haben das Störungsproblem, das Problem der drei Körper, die kugelförmigen Sternhaufen, sowie die modernsten, aber auch noch stark umstrittenen Fragen der Stellarastronomie (Rotverschiebung, Russel-Diagramm, Eddingtons Theorie über den Bau der Sterne) zum Gegenstand. Als Orientierung über solche Dinge können diese auf genauere Begründung natürlich verzichtenden Kapitel dienen, wenn es auch nur wenigen beschieden sein mag, dadurch ein volles Verständnis zu gewinnen. Die beigefügten Stereoskopbilder geben eine schöne räumliche Vorstellung von der Lage einer Kometenbahn gegen die Erdbahn, sowie von den relativen Stellungen der der Sonne benachbarten Fixsterne. *F. Koerber.*

Kleines Planetarium. Einstellbare Sternkarte. Von Dr. Paul Kirchberger. 2. Auflage. Berlin-Steglitz, Lehrmittelverlag Robert Federn.

Würde diese Sternkarte nur die Möglichkeit geben, die einzelnen Sternbilder am Himmelsgewölbe aufzusuchen, so würde sie mit anderen derartigen Karten in einer Reihe stehen. Durch zwei Neuerungen unterscheidet sie sich aber zu ihrem Vorteil. Einmal kann bei ihr auch der Stand und Lauf der Sonne leicht veranschaulicht werden. Die Anbringung des Dämmerungsstreifens in Verbindung mit der Hochlegung der Horizontscheibe ermöglichen es, jetzt auch den Lauf der Sonne nach ihrem Untergang mit den Erscheinungen der bürgerlichen und astronomischen Dämmerung ohne Schwierigkeit darzustellen.

Der zweite große Vorteil ist, daß auch die Stellung der Planeten sich in einfacher Weise veranschaulichen läßt. Damit wird deren Stellung unter den andern Sternbildern erkennbar, ihr Fortschreiten in ihrer Bahn und sogar ihre Stellung zur Ekliptik. Damit liegt tatsächlich ein kleines Planetarium vor.

Die Karte ist somit ein wichtiges Hilfsmittel für den Unterricht in der Schule und für jeden Sternliebhaber. Sie verdient daher weiteste Beachtung und Verbreitung. *Scheer.*

Die Philosophie als Führer in der Schule und im Leben. Von Dr. H. Weinreich. Berlin 1927, Otto Salle. (Math.-naturw.-techn. Bücherei Bd. 12.) 174 Seiten, geb. RM 3.—.

Das Buch wendet sich zunächst an philosophisch interessierte Primaner, dann überhaupt

an alle, die jung genug sind, um Vertrauen zur eigenen Einsicht zu haben. Es will in die Philosophie an Hand der Probleme selbst einführen, nicht ihrer geschichtlichen Stellung. So kommen zur Sprache: Die Logik, die Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft sowie Fragen aus der Geschichtsphilosophie, Sprachphilosophie, Ethik, Ästhetik, Religionsphilosophie. Schon die Fülle des Stoffes erregt das Bedenken, daß die Behandlung der Einzelfrage zu sehr an der Oberfläche bleibt. Das würde an sich nicht schaden, so lange das Ziel wesentlich in der Anregung zu weiterem Studium gesehen wird. Aber der Verfasser will die jungen Gemüter in manchen sie aufs tiefste bedrängenden Fragen zur Lösung der Schwierigkeit führen: Der Streit der Rationalisten und Empiristen soll „seine endgültige Lösung" finden, der Krieg zwischen Wissen und Glauben „durch einen wahren Frieden beendet" werden. Dabei soll noch die Methode aufgedeckt werden, durch die man zu diesen Lösungen gelangt. Die hiermit bezeichneten Ansprüche werden nun nicht befriedigt. Der Verfasser stellt sich durchweg auf den Standpunkt des kürzlich verstorbenen Vertreters der Friesschen Schule, L. Nelsons, wobei die zu stark betonte Neigung des iurare in verba magistri oft störend wirkt, gleichgültig, ob dieser Magister nun Kant, Fries oder Nelson heißt. Daß z. B. durch Kants Lehre von der reinen Anschauung die Tatsache widerlegt ist, daß Euklids Axiome eine Konvention darstellen, vermag ich auch nach der Lektüre des Buches nicht einzusehen, wie denn auch so billige Bemerkungen der Sache nichts nützen, wie die, daß „uns die Geschichte von Weltkonferenzen zur einheitlichen Festsetzung der geometrischen Axiome nichts zu berichten weiß". Daß der Begriff des regelmäßigen Siebenflächners keinen Widerspruch in sich schließt, bestreite ich. Denn die Verträglichkeit der Merkmale ist Voraussetzung dafür, daß man überhaupt von einem Begriff reden darf.

In den Fragen der Religionsphilosophie bemüht sich der Verfasser im Anschluß an Fries um den Nachweis, daß die Idee des Absoluten mit demselben Anspruch an Notwendigkeit von unserer Vernunft gefordert werde wie die Prinzipien aller Wissenschaft. Dazu soll die Abstraktion von Raum und Zeit als der Schranken der Sinnesanschauung erforderlich sein, andererseits aber auch der Gedanke der Welt als Universum. Wie letzterer ohne räumliche und zeitliche Qualitäten faßbar ist, wird jedenfalls nicht klar, wie auch die Trennung der Gebiete Glauben und Wissen auf nichts anderes hinausläuft, als daß man beides eben trennt. Dieser Teil des Buches entspricht kaum den Bedürfnissen, mit denen der jugendliche Geist an diese Fragen herantritt. Die einseitige Betonung der Gedanken Nelsons ist auch angesichts ihrer alles übrige ausschließenden Wertung nicht geeignet, die Entfaltung kritischer Selbsttätigkeit anzuregen, wie es der Verfasser ja eigentlich wollte. Es ist auch in philosophicis besser, den Königsweg zu vermeiden und lieber durch Gestrüpp und Kampf zu einer Stellung zu gelangen, die der eigenen Natur entspricht und individuell verschieden ist, besonders in den Gebieten, die von Glauben und Überzeugung handeln.

Dr. Eugen Stock.

Von den neuen Denkmitteln der Philosophie. 2. Heft: Der Begriff der Elemente des Geschehens in der Physik. Von Friedrich Kuntze. Heidelberg 1927, Carl Winters Univers.-Buchhandlung. 46 S.

Der Verfasser will in „6 Briefen an den einzelnen und an die Philosophischen Arbeitsgemeinschaften" dem Philosophieunterricht der Schule einen Dienst erweisen. In dem vorliegenden zweiten Brief (bzw. Heft) sucht er die Beziehungen der Physik zur Philosophie in ein lehrbares Typenschema zu bringen, um in einem Anhang die Möglichkeit der Verwendung des physikalischen Dimensionsbegriffs auf andere Gebiete zu zeigen, wobei die Dimensionen die jeweils für das Gebiet gültigen Elementarbegriffe sein sollen. Würde nicht die besondere Erwähnung der Richtlinien auf den Schulgebrauch hinweisen, so könnte man kaum auf den Gedanken kommen, daß ein Hochschullehrer die hier gewählte Art der Darstellung mit Hinweisen auf Schriftsteller wie Weyl, Volkmann, Einstein, Mach und eine Reihe von Philosophen, die unmöglich in dem für das Verständnis der Schrift nötigen Umfang Gegenstand der Betrachtung sein können, als für die Schule nützlich empfiehlt. Gegenüber diesem hier maßgebenden Gesichtspunkt ist es von geringerer Bedeutung, daß die vorgetragenen Lehrmeinungen in anregender Gruppierung geboten werden, ohne daß allerdings wesentlich originelle Gedanken zutage treten. Der Anhang ist mehr aperçuartige Anregung als wissenschaftliches Ergebnis. Zum Schluß sollen in den „Übungen" einige Themen mit Literaturhinweis zu ihrer Bearbeitung anregen. Es kann sich aber hier nur um Wiedergabe anderwärts ausgesprochener Gedanken handeln, da der Schüler nicht über der Sache stehen kann, um aus Eigenem etwas hinzuzutun. Gerade dies aber ist der Sinn der Selbsttätigkeit, zu der unsere Schule erziehen soll. Somit stellt sich für die Schule das Heft als ein verfehltes Unternehmen dar.

Dr. Eugen Stock.

Chemie für Mittelschulen. Von H. Filipp. München und Berlin 1927. R. Oldenbourg. Preis geb. RM 3.20.

Dieses Buch, für die Hand des Schülers bestimmt, stellt die Verbrennungserscheinungen, den Ackerboden, die Metalle und die Ernährung in den Mittelpunkt der Betrachtungen. Es vertieft den Erfahrungskreis der Kinder durch Versuche, die mit einfachen Hilfsmitteln ausgeführt werden können und sich zu Schülerübungen eignen. Reichlich gebotener Lehrstoff sichern dem Lehrer Bewegungsfreiheit. Das Buch trägt dem Arbeits- und Konzentrationsgedanken Rechnung und legt auf die Anwendungen der Chemie im täglichen Leben besonderen Wert.

Die technischen Gewinnungsweisen und Einrichtungen werden eingehend — stellenweise zu genau — behandelt.

Auf Ausstattung und Abbildungen ist große Sorgfalt verwendet worden. *H. S., Frft. a. M.*

Lehrbuch der Chemie und Mineralogie. Nach methodischen Grundsätzen neu bearbeitet von Dr. A. Möbusz und Dr. H. Lüthje. Anorganische Chemie, I. Teil, Unterstufe. 3. Auflage. Meißen Verlag Schlimpert & Püschel, G. m. b. H. 174 S. 157 Abbildungen.

Die Verfasser betonen in ihrem Vorwort zur 3. Auflage, daß die Bearbeitung derselben unter dem Einfluß der „Richtlinien" gestanden habe. Sie haben daher den gesamten in der Unterstufe zu erarbeitenden Lehrstoff auf Schülerübungen gegründet. Dieser beschränkt sich allerdings auf die anorganische Chemie; die sonst allgemein übliche Behandlung der allerwichtigsten organischen Verbindungen im Zusammenhang mit dem Kohlenstoff fehlt. An den Anfang der 6 Kapitel, in die das Buch eingeteilt ist, stellen sie einen geschichtlichen Überblick über das in dem betreffenden Kapitel behandelte Problem, um dann in insgesamt 37 Übungen, deren jede in eine größere Zahl von praktischen Aufgaben zerfällt, den Stoff durch die Schüler erarbeiten zu lassen. Das gilt selbst von der Kristallographie, die in Übung 18 behandelt ist. An die Formulierung der Übungsaufgaben schließt sich dann eine Zusammenfassung des Tatsachenmaterials, es folgen notwendige Ergänzungen und die Herausarbeitung von Definitionen und Gesetzen. Durch Anwendung verschiedener Schriftarten werden diese verschiedenen Teile des Textes deutlich auseinandergehalten. Was Klarheit des Schriftbildes und Hervortreten der Gliederung des Stoffes anlangt, kann man mit dem Buche einverstanden sein. Auch das Äußere ist sauber und ansprechend. Die Figuren sind bis auf die verschwommene Abbildung 31 eines neuzeitlichen Hochofens und 35 und 125 klar und deutlich; bei Abb. 124 sind die Unterschriften vertauscht.

Die Verfasser nennen ihren Arbeitsplan einen methodischen Lehrgang. Sieht man sich aber ihren Lehrgang genau an, so hat man doch den Eindruck, als wenn hier lediglich das Prinzip des „Arbeitsunterrichts" um jeden Preis und nur dieses maßgebend gewesen ist, jede Rücksicht aber auf andere sonst als selbstverständlich geltende und allgemein anerkannte methodische Grundsätze unbeachtet geblieben ist. Daß Aufgaben, die für Schüler geeignet sind, und solche, die nur vom Lehrer ausgeführt werden können, durcheinander stehen, kann man schließlich mit dem Hinweis darauf entschuldigen, daß die Meinungen über die Durchführbarkeit nach der einen oder der anderen Art oft geteilt sein werden. Man sollte aber auch dann ausführliche Arbeitsanweisungen fortlassen, die bei schwierigeren Versuchen für den Schüler zu wenig bringen und für den Lehrer überflüssig sind. Der Lehrer wird sich doch wohl seine notwendigen Belehrungen aus einem anderen Werke holen müssen als der Schüler! Vor allen Dingen aber hätten die Verfasser nicht die zu erarbeitenden Ergebnisse der Versuche mitteilen dürfen. Damit berauben sie ja den auf Schülerübungen aufgebauten Unterricht seiner wertvollsten Eigenart. Der Hauptvorwurf, den man dem sogenannten „Demonstrationsunterricht" machte, war doch der, daß er die Schüler nicht genügend zur Selbsttätigkeit und zu eigenem Finden kommen lasse, das Wissen, die Erkenntnis werde ihnen vielmehr in offener oder mehr oder weniger verhüllter Form „andoziert". Nun, hier braucht der Schüler bloß die Formulierung der Aufgaben durchzulesen, dann weiß er schon genau, was sich ereignen wird. Als Beispiel diene Versuch 13 aus der 17. Übung: „Erhitze pulverisierten Kupfervitriol in einem Porzellantiegel, bis das Pulver grauweiß erscheint. Weise an einer darübergehaltenen Glasscheibe das entweichende Wasser nach, das sich in kleinen Tröpfchen kondensiert. Laß zu der erkalteten wasserfreien Substanz langsam Wasser aus einer Pipette hinzufließen. Beobachte die auftretende Blaufärbung des Pulvers und die bedeutende, dabei stattfindende Wärmeentwickelung". Wo bleibt da noch Selbsttätigkeit, Entdeckerfreude? Alle Kapitel bringen eine Fülle von Material; es sind aber auch Aufgaben darunter, die unmöglich zu dem von den Verfassern bezweckten Urteil führen können. So sollen z. B. die Schüler einmal auf ein Gemenge von Eisen und Schwefel Salzsäure einwirken lassen, nachher auf die Verbindung derselben Elemente. Die Tatsache einer inzwischen erfolgten chemischen Vereinigung soll nun daraus erschlossen werden, daß im ersten Falle ein „geruchloses", im zweiten Falle aber ein „riechendes" Gas beobachtet wird. Bekanntlich ist aber der aus Eisen und Salzsäure entwickelte Wasserstoff alles andere als gerade geruchlos! Daß die Schüler die Salzsäure noch gar nicht kennen, sich von ihrer Einwirkung auf die fraglichen Stoffe gar keine Vorstellung machen können, wird nicht berücksichtigt, wie denn überhaupt von Anfang an in den meisten Übungen Stoffe mit gänzlich unbekannter Zusammensetzung benutzt werden. So wird z. B. Kohlenmonoxyd aus Oxalsäure und Schwefelsäure, Methan aus Natriumazetat und Ätznatron hergestellt usw. Die Zusammensetzung und der Aufbau eines so wichtigen und im Laufe der Übungen andauernd benutzten Stoffes wie die Schwefelsäure wird merkwürdigerweise erst ganz am Schlusse des Buches behandelt. Dafür erfahren die Schüler vorher aber allerlei von N_2O_3; N_2O_5; HNO_2 usw.; die Formeln von Sylvinit, Polyhalit, phosphoriger Säure u. a. werden ihnen vorgesetzt, in der Kristallographie hören sie vom Makrodoma, Brachypinakoid, Sphenoid u. v. a. mehr. Was soll das alles in einer Unterstufe, die doch eine Einführung für Anfänger sein soll! Auch die Technologie des Eisens scheint mir mit der hier gebotenen Abhandlung sämtlicher Frischprozesse zu weitgehend. Besondere Bedenken erweckt aber die Art, wie die Verfasser die Erarbeitung der quantitativen Gesetzmäßigkeiten behandeln. In der Einleitung zu Kapitel V steht der Satz:

„Eine klare Einsicht in das Wesen der chemischen Vorgänge aber konnte erst erzielt werden, als man begann, sie quantitativ zu untersuchen". Hätten sich die Verfasser diese Worte als Leitmotiv für ihre ganze Arbeit gewählt, so wäre es besser gewesen. Statt nun aber die Schüler in Befolgung dieser Erkenntnis so früh wie möglich an einzelnen besonders geeigneten Beispielen in diese so wichtige Arbeitsmethode einzuführen und damit die Grundvoraussetzung für das Verständnis chemischer Vorgänge und chemischer Forschung zu schaffen, führen sie bald nach Anfang eine chemische Zeichensprache ein, die zunächst „einen rein qualitativen Inhalt haben und lediglich eine abgekürzte Schreibweise darstellen soll". Sehr bald aber ist dieser „Vorbehalt" wohl wieder vergessen, denn wir stoßen auf Formeln wie Fe_3O_4; FeS_2; $2Fe_2O_3\ 3H_2O$ und sogar auf Reaktionsgleichungen wie:

$$2\,FeS_2 + 11\,O = Fe_2O_3 + 4\,SO_2 \text{ usw.}$$

Da verbrennt z. B. der Schwefelwasserstoff einmal nach dem Schema:

$$2\,H_2S + 3\,O_2\,(!) = 2\,H_2O + SO_2$$

(das übrigens nicht richtig sein kann), das andre Mal bei Luftmangel nach

$$2\,H_2S + O_2 = 2\,H_2O + 2\,S.$$

Was sollen sich wohl Schüler, die von dem quantitativen Inhalt der Formeln noch nichts wissen, unter diesen kabbalistisch anmutenden Gebilden vorstellen?

Die für die Ableitung der quantitativen Gesetzmäßigkeiten gewählten Beispiele erscheinen nicht besonders glücklich. Der Zusammenhang zwischen Verbindungs- und Atomgewicht ist nicht überzeugend dargestellt, andererseits geht die Behandlung der Avogadroschen Hypothese, Mol, Molarvolumen, Dampfdichte usw. wieder entschieden zu weit hinaus. Weniger — und das in methodischer und sachlicher Hinsicht — gründlich durchgearbeitet ist noch immer vorteilhafter gewesen als Überfülle. So ist das Buch auch nicht ganz frei von sachlichen Unrichtigkeiten geblieben. Daß z. B. das Azethylen dem Leuchtgas den „unangenehmen" Geruch verleiht, daß Holzkohle und Knochenkohle „amorpher Kohlenstoff (!)" sind, dürfte wohl nicht zutreffen. Die Parallele zwischen Quecksilbersulfid und den anderen Sulfiden scheint mir auch nicht in allen Teilen einwandfrei zu sein. *Große Kreul.*

Handbuch der anorganischen Chemie. In vier Bänden, herausgegeben von Dr. R. Abegg, Dr. Fr. Auerbach und Dr. J. Koppel. Vierter Band, erste Abteilung, erste Hälfte. 966 Seiten. Leipzig 1927, Verlag von S. Hirzel. Preis geb. RM 64.—.

Die von allen Fachleuten ersehnte Fortsetzung des Handbuches von Abegg und Auerbach ist nun doch noch erschienen, nachdem zuerst Abeggs Tod, dann der Krieg und schließlich auch Auerbachs Hinscheiden der Fortführung dieses Standardwerkes die ernstesten Hindernisse in den Weg gelegt hat.

Die vorliegende erste Hälfte der ersten Abteilung des vierten Bandes umfaßt die Elemente O, S, Se, Te, Po. Der große Vorzug des Handbuches, nur das wirklich Wesentliche und vor allem die physikalisch-chemische Seite herauszustellen, ist, genau wie in den früher erschienenen Bänden, beibehalten und macht das Handbuch zu einem ganz ausgezeichneten Nachschlagewerk, das jede Realvollanstalt besitzen sollte, wenn ihre Mittel dazu reichen.

Aus dem reichen Inhalte des vorliegenden Bandes mögen einige Fragen hervorgehoben werden, die eine eingehendere kritische Würdigung gefunden haben. Für die Beibehaltung des Sauerstoffatomgewichtes = 16 sprechen nicht nur die früher maßgebenden Erwägungen, sondern auch die Ergebnisse der neueren Atomforschung. — Bemerkenswert sind die Angaben über den Gehalt der Luft an brennbaren Gasen in Großstädten, an Ozon in den oberen Luftschichten und an Ammoniak. — Die Theorien der Verbrennungsvorgänge nach Engler-Bach, Traube, Haber, der Oxydation als Dehydrierung nach Wieland und der biologischen Oxydationsvorgänge nach Warburg werden ihrer Bedeutung entsprechend gewürdigt und bis in die neueste Zeit verfolgt.

Beim Schwefel interessieren besonders die Kapitel über die Formarten des Schwefels und die wissenschaftlichen Grundlagen des Kontakt- und des Bleikammerverfahrens. Noch immer ist keine Übereinstimmung in der Auffassung der chemischen Umsetzungen in der Bleikammer erreicht, Grund genug für die Schulchemie, den verwickelten Theorien dadurch aus dem Wege zu gehen, daß man die Vorgänge beim Bleikammerprozeß als Oxydation des Schwefeldioxyds durch Sauerstoff unter Mitwirkung von Salpetersäure als Katalysatorsubstanz darstellt und damit die Analogie zum Kontaktprozeß aufrecht erhält.

Die Abschnitte Schwefelsäure, Thioschwefelsäure, Dithion-, Polythionsäuren und Kolloidchemie des Schwefels bieten viel Neues und Bemerkenswertes.

Für die merkwürdigen Anomalien bei der Änderung des spezifischen Widerstandes der „Selenbrücken" durch Belichtung ist eine befriedigende Theorie noch nicht gefunden.

Die paradoxe Stellung des Tellurs im periodischen System der Elemente hinter dem Jod hat zu umfassenden und sehr sorgfältigen Atomgewichtsbestimmungen einerseits und zu Untersuchungen über seine Einheitlichkeit andererseits geführt. Wenn auch Aston im Massenspektrographen drei Isotope des Tellurs Te_{128}, Te_{130} und Te_{126} festgestellt hat, so haben die Atomgewichtsbestimmungen von Tellur aus den Erzen verschiedenster Herkunft jedoch keine Verschiedenheit des Atomgewichts ergeben. *Dm.*

Einfache Versuche für den Unterricht in Chemie zur Unterweisung von studierenden Landwirten. Von Dr. B. Tollens. Fünfte, umgearbeitete und vermehrte Auflage. Von Dr. P.

EHRENBERG und Dr. B. BAULE. 103 Seiten mit 48 Textabbildungen und 6 analytischen Tafeln. Berlin 1926, Verlagsbuchhandlung Paul Parey. Preis geb. RM 6.—.

Der erste Teil des Buches bringt einfache Darstellungen und soll die Studierenden durch eigene Versuche in die Anfangsgründe der Chemie einführen. Der analytische Teil umfaßt die wichtigsten Ionenreaktionen mit besonderer Berücksichtigung der für den Landwirt wichtigen Stoffe. Die Reaktionen einiger wichtiger organischer Stoffe bilden den Schluß des kleinen Buches, das auch mancherlei Material für chemische Schülerversuche liefern kann. *Dm.*

Chemisches Praktikum für Anfänger mit Berücksichtigung der Technologie von Prof. Dr. A. BINZ. Zweite völlig umgearbeitete Auflage. 94 Seiten. Berlin und Leipzig 1926, Verlag Walter de Gruyter & Co. Preis geb. RM 5.—.

Die Betonung der Untersuchung und Darstellung von Gebrauchsstoffen des täglichen Lebens unterscheiden das kleine Praktikum vorteilhaft von den zahlreichen untereinander sehr ähnlichen Anleitungen für das Anfängerpraktikum, die an den Hochschulen benutzt werden.

Die einfachen qualitativen Untersuchungen aus der chemischen Technologie, z. B. von Carnallit, Superphosphat, Thomasphosphatmehl, Kalkstickstoff, Portlandzement, Ultramarin, Lithopone, die Darstellung von Solvay-Soda, Konversionssalpeter, das Aufschließen von Bauxit u. a. können auch in chemischen Schülerübungen durchgeführt werden; daher kann das BINZsche Praktikum zur Anschaffung für die chemische Handbücherei empfohlen werden. *Dm.*

Korrespondenz.

90. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, Hamburg 1928, 16. bis 22. September.

In der Abteilung 15 — Mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht — sind als Hauptverhandlungsgegenstände in Aussicht genommen:

I. Die Spannung zwischen den Aufgaben und Zielen der Mathematik und der Naturwissenschaften an der Hochschule und an der höheren Schule

1. in der Mathematik, 2. in der Physik.

II. Die Hochschulausbildung der Chemielehrer der höheren Schulen.

Fortbildungskurs für akademisch gebildete Lehrer. veranstaltet von der naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Frankfurt a. M., vom 4. bis 17. Oktober 1928.

Mathematik.

Prof. DEHN und Prof. HELLINGER, Infinitesimale Aufgaben und Methoden (6 Std.). — Prof. EPSTEIN, Aufgaben 3. und 4. Grades und geometrische Behandlung von Gleichungen höheren Grades im Unterricht (3 Std.). — Kolloquium im Anschluß an die Vorträge (2 × 2 Std.).

Astronomie, Physik, Geophysik.

Prof. MEISSNER, Anwendung der Atomtheorie auf Kosmologie (3 Std.). — Prof. MEISSNER, Astronomische Übungen (2 Std. nachm., 1 Std. abd.). — Geheimrat Prof. WACHSMUTH, Physikalische Vorlesungsversuche (4 Std.). — Prof. MADELUNG, Wellenmechanik und Quantentheorie (4 Std.). — Prof. DÉGUISNE, Wechselstrom unter besonderer Berücksichtigung des Drehstroms (6 Std.). — Derselbe, Praktikum über Wechselstrommessungen (4 × 3 Std.). — Prof. LINKE, Sonnen- und Himmelstrahlung mit besonderer Berücksichtigung ihrer medizinischen Bedeutung (2 Std.). — Prof. GUTENBERG, Die Bedeutung von seismischen, elektrischen und erdmagnetischen Meßverfahren für die Auffindung von Bodenschätzen (2 Std.). — Dr. STÜVE, Übungen in der praktischen Witterungskunde (3 Std.).

Chemie.

Prof. SCHWARZ, Kolloidchemie mit Praktikum (3 halbe Tage). — Prof. MAGNUS, Intermolekulare Kräfte (Komplexverbindungen, Adsorption und Katalyse) (3 Std.). — Prof. BORSCHE, Künstliches und natürliches Erdöl (2 Std.). — Prof. F. MAYER, Neuere Färbemethoden insbesondere der Kunstseiden (1 Std.). — Prof. FRAENKEL, Verfestigung von Leichtmetallen (2 Std.).

Mineralogie und Geologie.

Prof. NACKEN, Feinbau der Materie (2 Std.). — Prof. RICHTER, Lithogenesis der Gegenwart (4 Std.).

Biologie.

Prof. STARK, Reizleitungsvorgänge im Pflanzenreich (2 Std.). — Dr. OVERBECK, Wasserhaushalt der Pflanzen (2 Std.). — Dr. SIRBAS, Pollenanalytische Untersuchungsmethoden der Moore (2 Std.). — Geheimrat Prof. ZUR STRASSEN, Bestimmung des Geschlechts (3 Std.). — Dr. WÜLKER, Neuere Forschungen über Parasitismus und Symbiose im Tierreich (3 Std.).

Geographie.

Prof. BEHRMANN, Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der physischen Geographie (4 Std.). — Prof. MAULL, Fortschritte und Ziele auf dem Gebiete der Geographie der Kulturlandschaft, Wirtschafts- und politischen Geographie und Geopolitik (4 Std.).

Exkursionen und Besichtigungen.

Prof. RICHTER, Geologische Exkursionen zur Erläuterung der Vorlesung: Lithogenesis der Gegenwart. — Besuch der Höchster Farbwerke (Vortrag mit Filmvorführung über Schädlingsbekämpfung). — Besichtigung industrieller Werke, des städt. Starkstromwerkes, eines Selbstanschlußfernsprechamts, des Flughafens usw. nach besonderer Ankündigung.

Zu näheren Auskünften ist der Dekan der naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Frankfurt a. M., Mertonstraße 17, jederzeit bereit.

Himmelserscheinungen im November und Dezember 1928.

W. Z.: Welt-Zeit = Bürgerl. Zeit Greenwich. 0^h W. Z. = Mitternacht bürgerl. Zeit Greenwich. Stundenzählung von 0^h bis 24^h. M. E. Z. = Bürgerl. Zeit Stargard = W. Z. + 1^h.

W. Z. 0^h		November 1	6	11	16	21	26	Dezember 1	6	11	16	21	26	31
☿	AR	$13^h\,31^m$	13.36	13.53	14.18	14.46	15.16	15.47	16.19	16.53	17.27	18.1	18.37	19.12
	D	$-8{,}0^0$	−7,7	−9,2	−11,6	−14,4	−17,1	−19,5	−21,6	−23,3	−24,4	−25,1	−25,1	−24,5
♀	AR	$16^h\,33^m$	17.0	17.26	17.53	18.20	18.47	19.14	19.40	20.5	20.30	20.55	21.19	21.42
	D	$-23{,}1^0$	−24,1	−24,8	−25,2	−25,3	−25,0	−24,5	−23,7	−22,5	−21,2	−19,5	−17,7	−15,7
☉	AR	$14^h\,24^m$	14.44	15.4	15.24	15.45	16.6	16.27	16.49	17.11	17.33	17.55	18.17	18.40
	D	$-14{,}3^0$	−15,8	−17,3	−18,6	−19,8	−20,9	−21,7	−22,4	−23,0	−23,3	−23,4	−23,4	−23,1
♂	AR	$6^h\,37^m$	6.40	6.41	6.40	6.39	6.35	6.30	6.24	6.16	6.7	5.59	5.50	5.42
	D	$+24{,}1^0$	+24,3	+24,5	+24,8	+25,0	+25,3	+25,7	+26,0	+26,2	+26,5	+26,6	+26,7	+26,8
♃	AR	$2^h\,13^m$		2.8		2.3		1.59		1.57		1.55		1.55
	D	$+11{,}8^0$		+11,4		+11,0		+10,7		+10,5		+10,4		+10,5
♄	AR	$17^h\,3^m$				17.12				17.22				17.32
	D	$-21{,}5^0$				−21,8				−22,0				−22,1

Δ = **Sternzeit für 0^h Welt-Zeit;** für östl. bzw. westl. Länge λ^0 v. Greenwich: $\mp\ \lambda \cdot 0.657^s$

Zeitgl. = Mittl. Z. − Wahre Z.

		2.	3.	3.	3.	4.	4.	4.	5.	5.	5.	6.	6.
Δ	$2^h\,40^m\,8^s$	59.50	19.33	39.16	58.59	18.42	38.24	58.7	17.50	37.33	57.16	16.58	36.41
Zeitgl.	-16^m20^s	−16.20	−15.58	−15.15	−14.11	−12.48	−11.6	−9.7	−6.55	−4.33	−2.5	+0.24	+2.51

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☉-Randes. M. E. Z.

☉ Aufg.	$6^h\,57^m$	7.7	7.16	7.25	7.34	7.42	7.50	7.57	8.3	8.8	8.11	8.13	8.14
Unterg.	$16^h\,29^m$	16.20	16.12	16.4	15.58	15.52	15.48	15.45	15.44	15.44	15.45	15.48	15.53

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☾-Randes. M. E. Z.

☾ Aufg.	$18^h\,48^m$	(25.6)	5.56	11.34	14.3	15.24	20.8	1.23	7.20	11.28	12.51	15.10	21.52
Unterg.	$11^h\,42^m$	14.56	16.1	18.25	(24.21)	6.5	12.15	13.44	15.6	19.33	0.42	8.1	11.24

Mondphasen W. Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
				Nov. 4. $14^h\,6^m$
	Nov. 12. $9^h\,35{,}3^m$	Nov. 20. $13^h\,35{,}8^m$	Nov. 27. $9^h\,5{,}5^m$	Dez. 4. $2^h\,31{,}5^m$
	Dez. 12. $5^h\,6{,}1^m$	Dez. 20. $3^h\,43{,}4^m$	Dez. 26. $19^h\,54{,}8^m$	

Verfinsterungen der Jupitertrabanten I, II, III, IV. E: Eintritt, A: Austritt. W. Z.

I	II	III	IV
Nov. 6. $0^h\,41{,}3^m$ A	Dez. 6. $2^h\,51{,}9^m$ A	Nov. 1. $17^h\,37{,}7^m$ A	Nov. 12. $18^h\,8{,}1^m$ A	
„ 7. $19^h\,10{,}2^m$ A	„ 7. $21^h\,20{,}8^m$ A	„ 8. $20^h\,13{,}1^m$ A	„ 19. $20^h\,18{,}0^m$ E	
„ 13. $2^h\,36{,}6^m$ A	„ 9. $15^h\,49{,}7^m$ A	„ 15. $22^h\,48{,}8^m$ A	„ 19. $22^h\,10{,}3^m$ A	
„ 14. $21^h\,5{,}5^m$ A	„ 14. $23^h\,16{,}4^m$ A	„ 23. $1^h\,24{,}6^m$ A	„ 27. $0^h\,19{,}9^m$ E	
„ 21. $23^h\,0{,}9^m$ A	„ 16. $17^h\,45{,}4^m$ A	Dez. 3. $17^h\,18{,}8^m$ A	„ 27. $2^h\,11{,}8^m$ A	—
„ 23. $17^h\,29{,}7^m$ A	„ 22. $1^h\,12{,}1^m$ A	„ 10. $19^h\,55{,}3^m$ A	Dez. 25. $16^h\,27{,}6^m$ E	
„ 29. $0^h\,56{,}4^m$ A	„ 23. $19^h\,41{,}0^m$ A	„ 17. $22^h\,31{,}9^m$ A	„ 25. $18^h\,18{,}4^m$ A	
„ 30. $19^h\,25{,}2^m$ A	„ 30. $21^h\,36{,}7^m$ A	„ 24. $22^h\,52{,}6^m$ E		
		„ 25. $1^h\ 8{,}7^m$ A		

Tägliches **Erscheinen** und **Verschwinden** der **Planeten.** Breite v. Berlin. Länge v. Stargard.

M. E. Z.	☿	♀	♂	♃	♄
Nov. 1.	A $5{,}4^h$ Dm $6{,}2^h$	Da $16{,}9^h$ U $17{,}7^h$	A $19{,}5^h$ Dm $6{,}0^h$	Da $17{,}5^h$ Dm $6{,}0^h$	Da $17{,}7^h$ U $18{,}4^h$
„ 11.	A $5{,}3^h$ Dm $6{,}3^h$	Da $16{,}6^h$ U $17{,}9^h$	A $18{,}8^h$ Dm $6{,}4^h$	Da $17{,}2^h$ U $5{,}9^h$	Da $17{,}4^h$ U $17{,}8^h$
„ 21.	A $6{,}0^h$ Dm $6{,}6^h$	Da $16{,}4^h$ U $18{,}1^h$	A $18{,}0^h$ Dm $6{,}7^h$	Da $17{,}0^h$ U $5{,}1^h$	$(17{,}2^h)$
Dez. 1.	$(7{,}0^h)$	Da $16{,}2^h$ U $18{,}3^h$	A $17{,}2^h$ Dm $6{,}9^h$	Da $16{,}8^h$ U $4{,}4^h$	—
„ 11.	—	Da $16{,}1^h$ U $18{,}7^h$	Da $16{,}6^h$ Dm $7{,}1^h$	Da $16{,}7^h$ U $3{,}6^h$	—
„ 21.	—	Da $16{,}1^h$ U $19{,}2^h$	Da $16{,}6^h$ Dm $7{,}3^h$	Da $16{,}7^h$ U $2{,}9^h$	—
„ 31.	—	Da $16{,}2^h$ U $19{,}7^h$	Da $16{,}8^h$ Dm $7{,}3^h$	Da $16{,}9^h$ U $2{,}2^h$	—

A = Aufgang; U = Untergang; Da und Dm = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.

W. Z. Merkur in gr. westl. Elongation 19°4′, Nov. 9. 7^h; **Venus** in Konjunktion mit dem **Mond,** Nov. 15. 15^h; **Mars** in Erdnähe Dez. 15. 15^h, scheinb. Durchmesser 16,0″; **Mars** in Opposition Dez. 21. 14^h. — **Partielle Sonnenfinsternis** Nov. 12., sichtbar in Europa mit Ausnahme von Spanien. Berlin: Anfang $7^h\,36^m$, größte Phase $8^h\,41^m$: 0,36, Ende $9^h\,50^m$.
Wintersolstitium: Dez. 22. $2^h\,4^m$.

A. Weill.

Für die Redaktion verantwortlich: Ministerialrat Professor Dr. K. Metzner, Berlin W. 8.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck der Univ.-Druckerei H. Stürtz A.G., Würzburg.